This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

STANFORD
LIBRARIES

Rütimeyer.

Thal- und Seebildung.

551.43 R921

ÜBER

From:

Zittel, Karl Alfred von. Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahrhunderts. München und Leipzig, 1899. pp. 315-316.

As freely translated by Curt Dietz and S. W. Muller:

The excellent treatise by L. Rütimeyer (published in 1869) on the origin of valleys and lakes, exceptionally rich in close observations, was an epoch-making publication. The ingenious author tried to prove that most, including the largest, valleys in the Swiss Alps owe their origin to erosion, but that long geologic periods were required for their formation. According to Rütimeyer, the present river courses frequently consist of older and longer stretches which later united into a common drainage system. The valleys began to form with the uplift of the Alps, but the erosion did not proceed at all times with the same intensity. It proceeded from the foot of the mountain towards the interior (headward) and as a result the different parts of a river course received a definite stamp and special typical appearances (waterfalls, gorges, lakes, etc.).

The sketch-map, depicting the history of rivers and lakes in Switzerland, which accompanies Rütimeyer's work, deserves special mention as the first brave attempt to classify valleys according to their geologic age.

ÜBER

THAL- UND SEE-BILDUNG.

Beiträge

zum

Verständniss der Oberfläche der Schweiz.

Von

Prof. L. Rütimeyer.

BASEL

CARL SCHULTZE'S UNIVERSITÄTSBUCHDRUCKEREI.

1869.

23.18

Herrn

PETER MERIAN

widmet diese Schrift

bei Anlass der Feier seines fünfzigjährigen Wirkens

in der

Basler naturforschenden Gesellschaft

DIE REGENZ DER UNIVERSITÆT BASEL.

Die Geologie hat vor manchem andern Gebiet der Naturkunde den Vorsprung voraus, dass ihr weder vorwiegend räumliche — wie den beschreibenden Naturwissenschaften, noch vorwiegend zeitliche Beziehungen der Naturkörper zum Gegenstand der Untersuchung angewiesen sind, wie dies bei den Abschnitten der sogenannten Naturlehre der Fall ist; sondern dass sie wesentlich in einen beschreibenden und einen combinirenden Theil zerfällt. Nicht nur können also beide Richtungen unserer Vorstellungsthätigkeit, Erkenntniss und Reflexion, in ihr gleichmässige Befriedigung finden, sondern sie erfüllt sogar ihre Aufgabe nicht, wenn sie nicht diesen beiden Vermögen gleichmässig Rechnung trägt. Dies hindert durchaus nicht, dass auch hier zur Erleichterung der Arbeit eine Theilung derselben in der Art eintrete, dass die einzelnen Arbeiter nach Maassgabe ihrer Kräfte sich vorwiegend an dem einen oder dem andern Theil der Gesammtaufgabe bethätigen. Allein sie würden irren, wenn sie dann dem einzelnen Gebiete, das sie bebauten, einen besondern Vorrang vor den andern einräumen oder dasselbe gar als das einzige Ziel der Wissenschaft erklären wollten. Nichtsdestoweniger ist es begreiflich, dass solche Schwankungen im Verlauf der Entwicklung der Geologie häufig eintraten. Wesentlich angeregt bei Völkern, welchen dringendere Zeugnisse vorlagen, dass auch die Erdfeste nichts Bleibendes sei, ergingen sich die Anfänge der Untersuchung während langer Zeit vorwiegend in Speculationen über Geogenie, gegründet auf Vergleichung verschiedengestalteter Theile der Oberfläche der Erde oder auf Wahrnehmung von sichtbaren Veränderungen derselben. Erst viel später begann man für die Speculation eine sichere Basis zu gewinnen durch sorgfältige Untersuchung des den Sinnen zugänglichen Theiles der Erdrinde, wobei je nach dem Ort, wo die Arbeit vor sich ging, mehr die unorganischen Bestandtheile und die mechanischen Verhältnisse, oder die organischen Einschlüsse und die sich hieraus ergebenden Schlüsse die Aufmerksamkeit vorwiegend auf sich zogen. Gegenwärtig ist fast jeder dieser Zweige der Aufgabe zum Umfang einer besondern sogenannten Wissenschaft herangewachsen; Geographie, Mineralogie, Petrographie, Stratigraphie, Palæontologie sind in den Händen verschiedener Arbeiter, die häufig über die Berechtigung des Einzelnen, auf Boden seines speciellen Beobachtungsfeldes Schlüsse, welche das Gesammtziel betreffen, aufzubauen, mit Eifersucht urtheilen.

Das Stammgebiet, dem alle diese Zweige entsprossen sind, Geogenie, besitzt kaum mehr einen Namen oder wird nur am Schluss monographischer Arbeiten in Form von Corollarien kurz und gerne poetisch berührt.

Billiges Urtheil kann hierin keinen Vorwurf finden. Im Gegentheil liegt darin ein Zeugniss, dass diese Wissenschaft, wenn sie auch gewissermaassen anonym geworden, auf guten Wegen geht. Sie ist sich bewusst geworden, dass sie in letzter Instanz Poesie sei, doch Poesie im ernstesten Sinn des Wortes, nicht Erzeugniss spielender Phantasie, sondern Schöpfung der Erdgeschichte aus deren heute noch zugänglichen Monumenten, Reconstruction der Vergangenheit durch besonnene Beurtheilung der Gegenwart, man möchte sagen, ein Besinnen des Menschen auf die Vergangenheit der materiellen Basis seines Daseins; und wenn auch dabei die Analyse einstweilen die Synthese in den Hintergrund gedrängt hat, so ist dies kein Zeichen von Krankheit.

Die folgende Arbeit, die auf dem beschränkten Boden, auf dem sie sich ergeht, keinerlei neue Thatsachen bringt, sondern blos den Versuch macht, auf einem Gebiete, das seit einer Anzahl von Jahren einer besondern Aufmerksamkeit sich erfreut, diejenige Form von Synthese nicht etwa vorzuschlagen, sondern vielmehr der öffentlichen Kritik zu unterbreiten, zu welcher den Verfasser vielfach eigene und lange gepflegte Erwägung fremder Anschauung geführt hat, wird durch die vorausgeschickte Einleitung nicht gerade vortheilhaft eingeführt. Nichtsdestoweniger bedarf sie, wenigstens in Bezug auf die Wahl des Themas, wohl keiner besondern Entschuldigung. Berührt doch Thalbildung, so verständlich und elementar der Ausdruck auch klingen mag, nicht nur die am häufigsten sich aufdrängenden, sondern auch die verwickeltsten Probleme der Geologie; und dass sie den Bewohner eines Landes, in welchem die grössten Thalrinnen des Erdtheiles anheben, dem es angehört, in besonderem Maasse interessiren muss, bedarf ebensowenig einer Auseinandersetzung. Seebildung ist ein Thema jüngeren Datums. Nicht mit Unrecht; hat doch die ausgedehnte Litteratur, die ihm seit zehn Jahren von Seiten der hervorragendsten Beobachter namentlich Englands und der Schweiz gewidmet worden ist, eher gezeigt, dass zu seiner endgültigen Beurtheilung noch eine Menge von Materialien fehlen. Allein es ist unabweisbar. Zumal in unserm Lande, wo es seit manchem Jahrzehnt die Phantasie des Einwohners und der alljährlichen Gäste aus zwei Continenten unbewusst oder bewusst, träumerisch oder speculativ beschäftigt. Und fast ausschliesslich in vergnügenbringender Weise; genügt doch nur die Nennung irgend eines Namens unserer See'n, um eine Menge von Eindrücken zurückzurufen, welche wir unter allen denjenigen, die von dem sogenannt seelenlosen Theil der Aussenwelt auf uns eindringen, zu den schätzenswerthesten und bleibendsten zählen. Und zwar leisten See'n dieses nicht etwa nur unter besonders günstigen Umständen, wie dies Fernsichten, Wasserfälle und Landschaften zu thun pflegen. Selbst Alltagseindrücke von See'n sind bleibend. Nicht nur ein duftiger Sommermorgen in Brunnen, sondern auch eine heisse

Nachmittagswanderung an der Axenstrasse, nicht nur ein glänzender Herbstabend bei Vevey oder Lindau, sondern auch Regentage an diesen See'n hinterlassen fast unauslöschliche Erinnerungen, von den Reizen ennetbirgischer See'n ganz zu schweigen. Lasse man die ganze übrige Landschaft, Fels und Wald, Luft und Farbe unberührt und nehme die Wasserfläche weg, so ist der eigenthümliche Zauber grösstentheils geschwunden. Umgekehrt findet er sich selbst da ein, wo etwa Nebelflächen einen See nur vorspiegeln; der Zauber haftet also an der Wasserfläche, wenigstens an der Wasserfläche innerhalb des jeweilen vorhandenen Rahmens.

Und wie mannigfaltig ist diese Wirkung. Mit Recht spricht man von Physiognomie der See'n; keiner sieht dem andern gleich; es sind Personen, und wie solche sprechen sie daher auch Jeden, für den Individualität einen Reiz hat, in verschiedener Weise an. Auch ahnt ja selbst der Laie gewissermaassen, was sich für Interesse an See'n knüpft; er unterscheidet unbewusst zwischen See und dem allgemeinen Begriff ruhender Wasserflächen, wie etwa Torfmoore oder Ueberschwemmungen sie bieten; diese verstehen sich ihm von selbst; in jenen ahnt er ein Geheimniss. Und offenbar liegt das Geheimniss nicht in uns, sondern in dem See und seiner Existenz an diesem Ort; es ist also nicht ein psychologisches, sondern ein naturhistorisches Geheimniss. Hierin ist aber ohne Zweifel ein guter Theil nicht nur des Zaubers zu suchen, den diese Wasserbecken schon auf den blos fühlenden Zuschauer ausüben, sondern noch vielmehr des Reizes, der die wissenschaftliche Untersuchung ihrer Entstehung umgiebt.

Mögen wohl diese Andeutungen vollauf genügen, um die nochmalige Behandlung eines schon so viel besprochenen Thema's zu motiviren, so ist sich der Verfasser vollkommen bewusst, dass ihm eine Rechtfertigung der Art der Behandlung, wenn er sie auch versuchen wollte, schwerer fallen würde. Dennoch erlaubt er sich auch in dieser Richtung einige Worte. Es ist oben als Lob bezeichnet worden, dass sich die heutige Geologie vor Speculationen über Geogenie hütet. Nichtsdestoweniger zeigt, wie auch bemerkt wurde, die Litteratur, dass es dem Beobachter nicht immer leicht fällt, den Dichter, auch im besten Sinne des Wortes, zu unterdrücken. Man ist sogar so weit gegangen, die so schwer abweisbare Speculation durch neue Namen gewissermaassen zu maskiren und man spricht, wenigstens in Ländern von stark ausgeprägtem Relief, von Orographie, obschon das, was man mit diesem Titel bezeichnet, oft weit mehr Geschichte als Beschreibung zu sein beabsichtigt. Unter diese Rubrik, die beiläufig passender mit dem ältern Namen physikalische Geographie benannt würde, stellt sich auch die gegenwärtige Schrift, die wesentlich den Plan verfolgt, eine Anzahl von wohlbekannten Thatsachen, die man bisher gewohnt war, vorwiegend unter das Urtheil der Stratigraphie oder selbst der Palæontologie zu stellen, wiederum vom einfachen Gesichtspunkt der Mechanik aus zu beurtheilen, dem sie doch ohne allen Zweifel in erster Linie angehören. Das letzte Jahrzehnd hat namentlich in Ländern, wo der mächtigste und alltägliche Motor von Festland, das Wasser, in seiner grössten Entfaltung, als Meer in Wirkung tritt, diese Richtung mächtig ge-

fördert und unläugbar grosse Resultate zu Stande gebracht. Die Binnenländer sind in dieser Beziehung zurückgeblieben, und der Vorwurf, der in jüngster Zeit der Schweiz gemacht wurde,[1]) ist trotz des hohen Ranges, den sie anerkanntermaassen in der Geologie einnimmt,[2]) wohl nicht ganz unbegründet. In Ländern, die seit geologischen Epochen der Einwirkung des Meeres entzogen sind, fällt es freilich schwerer, die Form von Riffen, die Art der Ablagerung und Vertheilung von Sedimenten jeweilen mit gleicher Schärfe zu beurtheilen, wie an Stellen, wo die Controlle durch heutige Parallelen stets zur Hand ist. Aber andrerseits macht es fast den Eindruck, als ob Palæontologie und noch mehr die freilich nicht genannte Geogenie in der so leicht modellirbaren, aber um so gefährlicheren Form von Hebung, Senkung, Spaltung und dergleichen unsern Blick mehr als billig abgewendet hätte von einem Factor, der mit dem Meere an Einfluss auf Bewegung von Festland wetteifert, vom fliessenden Wasser, das ja in Europa kaum in mächtigerer Weise auftritt und grossartigere Monumente seiner Thätigkeit hinterlassen hat, als in der Schweiz.

---

[1]) **Medlicott** The Alps and the Himalayas. Quart. Journ. Geol. Soc. XXIV. 1868. p. 44.
[2]) **Martins**, Revue des Deux Mondes. Mai 1868. p. 255.

Thalbildung.

Ich kann nicht beabsichtigen, diesen Gegenstand in dem Umfang zu behandeln, wie der Titel es erwarten lassen könnte. In übersichtlicher Weise bespricht ihn jedes Lehrbuch der Geologie oder der physikalischen Geographie, und im Détail setzt er eine Masse von Thatsachen des Schichtenbaues und der Schichtenstellung, der Mineralogie und der Hydrographie voraus, die für jedes Thal verschieden lauten können. Die Untersuchung der Ursachen, welchen ein Thal seine jetzige Gestaltung verdankt, muss daher für jedes einzelne besonders geführt werden und Verallgemeinerungen können sich nur auf sehr umfassende Gesichtspunkte beziehen. Mit vollem Recht sind solche von jeher gesucht worden in den Beziehungen zu den Substanzen, in welchen Thäler verlaufen, und in den Widerständen, welche die unabweisliche Tendenz der Erklärung bewusst oder unbewusst voraussetzt. Die populäre Nomenclatur ist daher an Benennungen für Thäler um so reicher, je mannigfaltiger diese Beziehungen sind. Während Holland Ausdrücke wie Schlucht, Kluft, Klamm etc. kaum kennt, besitzt jedes Gebirgsland einen mehr oder weniger reichen Vorrath von Namen zur Charakterisirung von Thälern. Strenger konnte indess der Begriff Thal, dessen scharfe Definirung nichts weniger als leicht ist, erst von der Geologie durchgeführt werden, welche Thalbildung auch an vielen Stellen nachwies, wo das Volk vielmehr Berge sieht. Für unsern Zweck genügt neben der Unterscheidung von Thälern in Substanzen, die bezüglich ihrer Lagerung keine andere nachweisliche Einwirkung als durch Bewegung von Wasser in flüssiger oder fester Form erlitten haben — in geschichtetem Material also Thäler, die von horizontalen und ununterbrochenen Lagern eingeschlossen sind, — und von Thälern in vor- oder nachher oder während der Wasserwirkung dislocirten Substanzen die Eintheilung letzterer Gruppe in Längs- und Querthäler. Eine weitere Eintheilung stösst bekanntlich schon auf Schwierigkeiten, die bei der grossen Individualität der Thäler durch die

Einführung von Namen, die einem einzelnen Gebirg, dem schweizerischen Jura, entlehnt wurden, nicht etwa gehoben worden sind. Lehrreich war indess bei diesem Vorschlag die Erfahrung, dass die weitere Eintheilung der Längsthäler in Mulden, Combes etc. oder besser in synclinale, isoclinale, anticlinale Thäler und allenfalls noch in Failles, die ja möglicherweise in keinen dieser Begriffe fallen können, auf weit geringere Schwierigkeiten stösst, als für die Querthäler, wo man sich mehr mit landschaftlichen Begriffen (Cluse, Ruz, Cirque etc.) behelfen musste.

Auch eine Confrontirung der Alpenthäler mit den auf diese Weise zu einer Art Typus gewordenen Thalformen des Jura liegt ausserhalb unseres Rahmens, so vielen Reiz auch eine solche Parallelisirung böte und so grosse Tragweite auch daraus abgeleiteten Schlüssen zukommen müsste. Einzelne Beispiele für solche Parallelen, wenn wir sie bedürfen sollten, bietet der Blick auf die geologische Karte und die geologische Litteratur der Alpen reichlich genug, und andererseits hat die bei vielen Geologen fast unwillkührlich und unbewusst vollzogene Unterschiebung des Jurabaues als Schablone für die Gestaltung der Alpen die richtige Beurtheilung letzterer kaum gefördert. Die an Folgen reichsten Eigenthümlichkeiten der Alpen, das Vorkommen getrennter Massen crystallinischer Gesteine, die Anwesenheit von Schichtenfolgen, die bis in sehr alte Erdepochen zurückreichen und also unter Umständen auf eine sehr lange Entblössung, jedenfalls aber auf sehr alte Geschichte überhaupt hinweisen, die ausserordentliche Mannigfaltigkeit der mineralogischen und mechanischen Zusammensetzung der Alpengesteine werden in ihrer Tragweite auf heutige Gestaltung des Relief durch eine Vergleichung mit dem Jura vielmehr abgeschwächt als, wie sie es verdienen, in den Vordergrund gebracht.

Thäler in nicht dislocirtem Gestein.

Man ist allgemein einverstanden, dass dieser Rubrik, die man so häufig in ausschliessendem Sinne Erosionsthäler nennen hört, als ob Erosion nicht auf dislocirtes Gestein so gut, ja sogar kräftiger wie auf horizontale Schichten wirkte, fast die Gesammtheit der Flüsse und Bachrinnen zwischen Alpen und Jura oder die grosse Mehrzahl der in dem Sandstein und der Nagelfluh ausgebohrten Thäler angehören. Da wo diese Gesteine horizontal geschichtet sind, ist niemals ein Verdacht geäussert worden, dass ausser dem Wasser eine andere Kraft bei ihrer Bildung sich betheiligt hätte, mag das Verhältniss zwischen dem Bohrmittel und den Materialien, deren Beseitigung man ihm zuschreibt, sein welches es wolle; und selbst da, wo letztere mehr oder weniger geneigt sind, wie dies am Jurarand und in viel höherem Maasse entlang den Alpen der Fall ist, giebt man unwillkürlich zu, dass die Vertiefungen, welche die Thäler bilden, vornehmlich durch Wegschaffen von Material entstanden seien; nur die Richtung des Thales setzt man, einfachen Gesetzen der Wasserbewegung zufolge, auf Rechnung von Neigung und Streichen. Ohne Zweifel hat der Umstand, dass fast die Totalität der wenig oder gar

nicht geneigten Gesteine, welche den Raum zwischen Jura und Alpen einnehmen, aus Trümmergesteinen besteht, welche vom feinkörnigsten Sandstein bis zu Nagelfluhen mit Blöcken von vielen Cubikfuss Inhalt alle denkbaren Uebergänge bieten, diese einfache Anschauung sehr gefördert; während sie in Gegenden, wo Kalk, Schiefer, überhaupt nicht decomponirte Gesteine wenn auch in horizontalen Bänken den Thalboden bilden, wie z. B. in den Plateaugebieten des Jura, auf weit grössere Schwierigkeiten stiess. Und noch weniger ist man geneigt, den Maassstab der Wasserwirkung, dem man in den Gebieten der Nagelfluh und Molasse keine Grenzen setzt, auf die Alpen zu übertragen. Thalbildung und wohl auch Wasserwirkung würde hienach von vornherein in den drei Gebieten, Alpen, Jura und Mittelland, unter verschiedenen Bedingungen und nach verschiedenen Gesetzen vor sich gehen.

Die Berechtigung, eine solche, wenn auch stillschweigende Supposition zu prüfen, ist wohl unbestreitbar, und die Prüfung wird sich hauptsächlich auf zwei Punkte zu richten haben: einmal auf Form und Richtung der Thäler in dem unbestrittenen Gebiet der Erosion, dem Mittelland, und zweitens auf die Beziehungen der Thäler dieses letztern zu denjenigen der anstossenden Berggebiete.

In dem Bereich der weichern und gleichförmigen Molassen, welche dem Wasser auf grossen Ausdehnungen gleichmässigen Widerstand entgegensetzen, wechselt bekanntlich die Grösse der Thäler, d. h. die beiden Durchmesser ihres Querschnittes nur wenig. Die beidseitigen Plateau's bleiben oft in weiter Erstreckung auf gleicher Höhe und auch Einschnürungen des Thales sind selten und wenig erheblich. Die wichtigsten Veränderungen des Thales sind abzuleiten von dem allgemeinen Niveau der Ablagerung, in welcher es verläuft und von seiner Längenausdehnung, indem jenes im Grossen genommen von den Alpen nach dem Jura allmählig ab-, die Weite des Thales aber in der Regel in gleicher Richtung zunimmt. Eine Zusammenstellung von Zahlen könnte diess belegen; allein da deren eine sehr grosse Zahl erforderlich wäre, so weise ich auf zwei Documente hin, welche darüber viel raschern und auch unzweideutigen Aufschluss geben. Diess sind Uebersichten des Mittellandes von Punkten der Alpen oder noch besser des Jura, welche mit den höchsten Hügeln horizontaler Molasse in gleichem Niveau stehen; andererseits die Vergleichung der geologischen Karte der Schweiz mit der hypsometrischen. Aus diesen Hülfsmitteln ergiebt sich, dass das Land zwischen Jura und Alpen, auch abgesehen von den darin verlaufenden Rinnen, weit entfernt ist, eine gleichmässige Fläche darzubieten. So erheben sich bei einem Ueberblick vom Jura aus allenthalben die Hügelgebiete, welche dem District dislocirter Tertiärgesteine angehören, als eine mit bekannten Namen vom Genfersee bis an den Bodensee den Alpen entlang verlaufende Stufe, die in mancherlei Beziehungen schon dem Régime der Alpen angehört. Die Dislocation bedingt indessen ihr Relief nicht allein; die niedrigen Hügel zwischen Luzern und dem Zugersee zeigen stärkere Fallwinkel ihrer Schichten als das hohe Napfgebirge, und andererseits liegen nördlich der Dislocationszone

hohe Hügelgruppen wie Bütschelegg, Hundschüpfen, der grösste Theil des Napfgebirges, in welchen die Schichten sich von der Horizontale nicht oder kaum entfernen. Diess drängt zur Annahme, dass mechanische Beschaffenheit des Gesteins an der Erzeugung des Reliefs des in Rede stehenden Gebietes einen so grossen Antheil habe als Dislocation; die Vergleichung der hypsometrischen mit der geologischen Karte würde, selbst wenn eigene Anschauungen fehlten, genügen, um dies sofort ins Licht zu setzen. Obschon die letztere die Molassen nach Härte nicht unterscheidet, so tritt sofort hervor, dass die nördlich von der Dislocationslinie sich über das mittlere Niveau des Tertiärlandes erhebenden Gebirge grösstentheils aus Nagelfluhen gebildet sind.

Eine weitere Verfolgung der Beziehungen zwischen Relief und geologischer Composition ist erschwert durch die geringe Anzahl von Niveau's, welche die hypsometrische Karte angiebt. Doch geht trotz dieser Lücken noch ein nicht unwichtiger Punkt aus der Vergleichung hervor. In der westlichen und mittlern Schweiz sind die höheren Niveau's des horizontal geschichteten Tertiärlandes durch die marine Molasse gebildet, in der östlichen von der obern Süsswassermolasse. In der westlichen Schweiz erscheint die marine Molasse auf der Höhe der Plateau's, in Höhen von 800, in der Umgebung von Bern selbst oft von 900 Mètres; östlich von Burgdorf übersteigt sie selten das Niveau von 700 M., sie rückt an die Abhänge der Hügel hinab, während die Gipfel von oberer Süsswassermolasse gebildet sind. Oestlich von Reuss und Limmat erscheint sie nur noch am Fuss der Hügel in Niveau's von 400 M. oder darunter. Die Stellen der östlichen Schweiz, wo sie höheres Niveau erreicht, befinden sich bereits in den Dislocationsgebieten der Alpen- oder des Jurarandes.

Da die untere Süsswassermolasse grösstentheils nur in Dislocationsgebieten an die Oberfläche kommt, so ist es nicht leicht, sie mit in den Vergleich zu ziehen; allein erwägt man, dass sie am ausgedehntesten in der Umgebung des Genfersees und am unmittelbaren Rand der Alpen zu Tage tritt, so ist der allgemeine Ausdruck wohl nicht unrichtig, dass über der untern Süsswassermolasse, deren ursprüngliches Niveau wir nicht mehr reconstruiren können die ungestörten Theile der übrigen Molassen zwei Lager von sehr ungleicher Stärke bilden, so dass die tiefere, die Meeresmolasse, eine von West nach Ost um 500—600 Meter und in geringerem Betrag auch von Süd nach Nord sich erniedrigende mittlere Oberfläche bildet, auf welcher die obere Süsswassermolasse mit nach Ost zunehmender Mächtigkeit aufruht. Es leuchtet ein, dass eine so starke Neigung der Oberfläche bei gleichzeitig von West nach Ost abnehmender Mächtigkeit, selbst wenn man auf die horizontale Lagerung nicht volles Gewicht legen wollte, sich kaum denken lässt ohne ergiebige Abtragung vor Ablagerung der überliegenden Schichten.

Obschon demnach die reinen Erosionsthäler in den verschiedenen Theilen der Schweiz nicht nur heutzutage in verschiedenen Stufen der Tertiärgebilde verlaufen, sondern wohl schon

in verschiedenem Material begannen, so sind in der Grösse und Form dieser Thäler keine weitern Unterschiede bemerkbar als diejenigen, welche durch Aggregatszustand und Wassermenge erklärt werden mögen. Messungen der Querschnitte und Berechnung der Stärke der weggeräumten Prismen würde ohne Zweifel, für die verschiedenen Stellen der Schweiz verglichen, mancherlei Bemerkenswerthes bieten. Zu einer solchen Arbeit ist indess erst ein Anfang gemacht worden von dem Verfasser der hypsometrischen Karte durch Berechnung der »Thal-Depressionen«, und leider nur in Gebieten, wo starke Dislocation Factoren hereinbringt, welche sich aller Abschätzung entziehen.[1])

Eine Bemerkung über die Beziehung zwischen der Grösse der Thäler und der Wassermenge, die sie enthalten, mag indessen hier einigen Ersatz gewähren. Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, dass die horizontale Molasse nur wenige, und auch in diesem Fall nur sehr wenig ausgedehnte und wasserarme Quellgebiete besitzt, die ihr eigenthümlich angehören. Sie wird grösstentheils drainirt durch Wasserrinnen, welche in den Alpen oder im Jura oder überhaupt in dislocirten Theilen des Landes ihren Ursprung haben. Ein eigenes Quellgebiet von einiger Ausdehnung existirt heutzutage in der Molasse fast nur auf dem Plateau zwischen dem Genfer- und Neuchâteler-See, zwischen dem Thal der Rhône und den westlichen Zuflüssen der Aare. Wohl aber finden sich selbständige Quellgebiete innerhalb des Tertiärlandes in den härtern und höhern Nagelfluhbezirken, die wie resistente Kerne über das Molasseland hinausragen, wie Gibloux, Guggisberg, Hundschüpfen, Rämisgumm, Napf, Schnebelhorn etc. Werden auch einzelne derselben von Flüssen durchzogen, die von weiter herstammen und also auf fremde Hülfe schliessen lassen könnten, wie das Hügelland von Schwarzenburg durch das Schwarzwasser, die Nagelfluhmassen zwischen dem Thuner- und Luzernersee durch die verschiedenen Quellen der Emme, die alle bis an die Alpenkette zurückreichen, so finden wir doch in den genannten Gruppen eine ganze Menge von Flüssen und Bächen, welchen ohne allen Zweifel zu keiner Periode andere Kräfte zu Hülfe kamen, als die sich aus der Regenmenge und dem Gefäll der Thäler ergeben, in welchen wir sie heute finden. Das Gebiet des Napfs, der Hundschüpfe, des Rämisgummen sind vortreffliche Beispiele von selbständigen hydrographischen Centra, wo wir vollkommen sicher sind, dass die jetzigen Thäler treue Auskunft über Wasserwirkung geben, ohne dass wir Gefahr laufen, verborgene Factoren aus veränderten Verhältnissen zu übersehen. Es sind dies also ungetrübte Erosionsgebiete und als solche des Studiums in hohem Grade werth. Nur Ein fremder Factor kommt auch hier in Betracht. Schon die topographische Karte lässt vermuthen, und die directe Beobachtung bestätigt es, dass von der Nagelfluhmasse des Napfgebietes der östliche Theil von der Bewegung, welche die jenseits der kleinen Emme lie-

[1]) J. M. Ziegler, Zur Hypsometrie der Schweiz. Erläuterungen für die hypsometrische Karte der Schweiz. Winterthur 1866.

genden Ketten, Bäuchlen, Farnern etc. in so starkem Maass traf, nicht ganz unberührt ist. Von Romoser-Enzi über Ilmiboden und Risisegg fallen die Nagelfluhbänke schwach nach Norden und dies verräth sich in der Richtung des Thales von Trub. Auch jenseits der Ilfis in der Gruppe von Rämisgummen weicht die Nagelfluh von der Horizontalen ab, je mehr wir uns den Alpen nähern; ja selbst das weit zurückliegende kleine Gebiet der Hundschüpfen lässt durch die Vertheilung seiner Thäler auf einen ganz schwachen ähnlichen Einfluss schliessen, obschon das Auge hier die Schichten durchweg als horizontal beurtheilt. Die Hauptmasse dieser Gebirge liegt indess vollkommen horizontal, und namentlich am Napf muss jedem Besucher, der sich ihm von Nord oder von West nähert, die ausserordentliche Regelmässigkeit auffallen, mit welcher die Nagelfluhbänke in stundenweiter Ausdehnung ungestört durch Grat oder Graben wie Treppenstufen, oder vielmehr als ächte Isohypsen das ganze Gebirge durchziehn, so regelmässig, dass dieselbe Nagelfluhschicht für Punkte, die stundenweit auseinanderliegen und durch Dutzende von Thälern getrennt sein können, nahezu dasselbe Niveau angiebt. Besucht man diese Gegenden im Frühjahr, wo die horizontale Oberfläche der Treppenstufen noch mit Schnee bedeckt, die der Sonne directer ausgesetzten Schichtenköpfe dagegen schon vom Schnee entblöst sind, oder auch im Spätherbst, nachdem ein sonniger Tag die noch schwache Schneedecke an den steilen Stellen entfernt hat, so bietet sich der merkwürdige Anblick eines ausgedehnten und von unzähligen radienartig sich verzweigenden Schluchten durchzogenen Gebirges dar, das vom Fuss bis zum Gipfel von horizontalen weissen Linien in vollkommen regelmässiger Weise durchzogen ist.

In solchem Gebiete ist man wahrhaftig sicher, die kleinste Furche wie das grösste Thal der blossen Wirkung des darin fliessenden Wassers zuschreiben zu können, und die ausgezeichnete Karte vom Canton Luzern (1:25000) zeigt allerdings (Blatt V und VI), dass zwischen der Furche, die der letzte Regenguss bildete, und dem grössten Thal des Gebirges kein anderer Unterschied als der des Alters besteht. Wasser wurde diesen Gebirgen seit ihrer Ablagerung niemals von aussen zugeführt; immer enthielten sie nur dasjenige, was auf ihre Oberfläche fiel. Von Gletschern wurde der Napf niemals berührt. Und welches Verhältniss zwischen Wassermenge und Grösse des Thales! Fast durchweg führen die Zugänge zu den höhern Theilen des Gebirges über die Gräte, die oft nur für den Weg Platz lassen, da die Thäler entweder von steilen, oft vertikalen Felswänden oder von beweglichen Schutthalden eingeschlossen sind. Das Gestein ist grösstentheils Nagelfluh, doch oft von wenig mächtigen horizontalen Sandbänken durchzogen; die Nagelfluh ist bald locker und in solchem Fall der Querschnitt des Thales mehr oder weniger regelmässig kegelförmig; bald von ausserordentlicher Härte, und dann finden sich Klammen, in welchen sich das Wasser vertikale Rinnen eingesägt hat, die am obern Rand oft kaum weiter, oft selbst enger sind als die Sohle des Baches, eines Baches, der allerdings nach Gewittern während einiger Stunden bedeutende Wassermengen führen kann, allein in der

Regel während des grössern Theils des Jahres nur wenig oder selbst gar kein Wasser führt. Und doch führten diese Bäche spiegelglatt polirte verticale Schnitte von 100—200 Fuss Tiefe durch ein Material, das aus verkitteten Blöcken der härtesten Quarzite besteht.

Es wäre leicht, ähnliche Beispiele auch aus andern Nagelfluhgebieten anzuführen; die Umgebung von Thun, von Sigriswyl bis hinüber nach der Emme, die Thäler des Schwarzwassers sind reich daran. Leider bin ich ausser Stande, über das Verhältniss zwischen dem Profil der mittleren Wassermenge und dem Profil des dazu gehörenden Thales Zahlen anzuführen; allein eine Schätzung von Auge hinterlässt den Eindruck, dass das Verhältniss kein geringeres sei als dasjenige zwischen der Wassermenge der Reuss oder des Tessin und dem Durchschnitt der Thäler von Uri und Livinen, bei welchen freilich die Abschätzung der Höhe des weggeräumten Prisma's auf ganz andere Schwierigkeiten stossen würde, als in den Nagelfluh-Plateau's, deren ursprüngliches Niveau wir bis zu einem gewissen Grade bestimmen können.

Nicht minder bedeutsam als die Grösse der Thäler in dem von Dislocationen nicht betroffenen Tertiärgebiet ist die Richtung derselben und ihr Verhältniss zu den Thälern der Alpen und des Jura. Jede Karte lehrt, dass zwei Richtungen fast bis zum Ausschluss aller andern dominiren. Vom Genfer- bis zum Bodensee verfolgen sämmtliche Flüsse, mit sehr seltenen und kurzen Unterbrechungen eine auf das Streichen der Alpen vertikale Richtung und werden aufgenommen in einen grossen Sammelcanal, der dem Fuss des Jura folgt. Die erstere Bemerkung erleidet keine ernsthafte Ausnahme, sofern wir von dem nicht horizontal gelagerten Tertiärland und den soeben berührten hydrographischen Nagelfluhcentra absehen; dass am Alpenrand die Flüsse auf kurze Strecken häufig der Dislocationslinie folgen, bildet keinen Einwand. Hiezu kommt die Thatsache, dass diese Flussrinnen an Sohlenbreite zunehmen und in um so tiefere Niveau's hinabgehen, als wir von West nach Ost fortschreiten. Auch hievon giebt die hypsometrische Karte ein höchst lehrreiches Bild, das wir aus jeder andern nur höchst mühsam zusammenlesen müssen. Es entspricht also das Gefäll der von Süd nach Nord fliessenden Flüsse im allgemeinen dem Niveau der marinen Molasse, ohne durch die in der Ostschweiz ihr aufliegende obere Süsswassermolasse gestört zu sein. Von der Saane an nach Ost haben sich demnach die Flüsse bis zur Reuss und Limmat immer tiefer gebettet oder trafen schon von vornherein auf eine immer tiefere Unterlage. Jenseits der Limmat erhebt sich dann allerdings das Niveau der Thäler so, dass Glatt und Töss höher liegen als Reuss und Limmat und erst wieder die Thur von Frauenfeld an selbst unter dem Niveau des Bodensees verläuft.

Dies entspricht einer ähnlichen Unterbrechung der Flussrichtung längs des Jura. Bei Entreroches durch eine von einem Canal durchbrochene Erhöhung von 76 M. (Höhe der Wasserscheide von Mormont über dem Spiegel des Genfersees) von dem Rhônethal getrennt, überhalb Chexbres dem Genfersee noch weit mehr genähert, hebt dieser grosse Sammelcanal mit den Zuflüssen der Orbe und der Broye an und erreicht seine grösste Tiefe am Fuss des Jura bei Turgi (329 M.),

wo er letztern durchbricht, um nach kurzem Verlauf in den Rhein zu fallen, der ebenfalls am Fuss des Jura, aber von Ost nach West fliessend, auch nur mittelst Durchbrechung secundärer Gebirge von Kaiserstuhl an, das Wasser des Bodensees, der Thur, Töss und Glatt aus dem Bereich des Thales zwischen Alpen und Jura entfernt.

Zwei Stellen compliciren demnach das sonst so einfache Bild der Drainirung dieses Gebietes, das sonst in Bezug auf seine Wasserläufe im allgemeinen mit einer Niederung verglichen werden kann, welche mit einem westlichen Zipfel blind anhebt, wo Jura und Alpen zu divergiren beginnen und, nach Osten immer weiter werdend, sich gleichzeitig nach Nord und nach Osten neigt und so ihre Wasser allmählig nach dem Jura abrinnen lässt, wo es dermalen bei Turgi seine tiefste Stelle erreicht.

Einmal ist es die Wasserscheide, welche zum Theil hart am Genfersee das Gebiet der Aare von dem der Rhône trennt, die, im Genfersee auf einem Niveau von 60 M. unter dem von Neuchâtel festgehalten, bekanntlich die Gewässer des Wallis auf gleich bizarrem Weg mitten durch den Jura ins Freie führt, wie es Aare und Rhein im Osten thun. Zweitens die Wasserscheide zwischen Limmat und Glatt, welche die Gewässer östlich vom Zürchersee, die in der übrigen Richtung ihrer Thäler von dem westlich davon waltenden Régime durchaus nicht abweichen, in höherem Niveau (selbst der Bodensee liegt höher als das untere Limmath- und Reussthal) einem besondern Sammler zuführen, der sich von Ost nach West, wie der ihm in entgegengesetzter Richtung entgegenkommende, nur gewaltsam einen Ausweg aus dem grossen Thale sucht.

In Bezug auf ihre Quellgebiete lassen sich die Flüsse, welche das Tertiärland durchfliessen, trennen in einheimische, für welche wir keine weitern Quellen aufzusuchen haben, und in fremde, welche den Alpen und dem Jura angehören; von den letztern können wir bei der scharfen geographischen Trennung von Jura und Tertiärland absehen. Dagegen ist es von Interesse, schon jetzt zu untersuchen, in wiefern Flüsse des Tertiärlandes und Alpenflüsse ihre Selbständigkeit entweder wahrten oder aber einander Dienste leisteten. Hier erhellt vor allem, dass Rhône und Rhein als ausschliessliche Alpenflüsse ausgeschieden werden müssen. Sie durchsetzen das Tertiärland zwar nicht etwa auf kürzestem Weg, aber sie beherrschen die ihnen entgegenstehenden Hindernisse in solchem Maasse, dass sie selbst den Jura auf langen Strecken durchbrechen. Ausser ihnen gilt das gleiche nur von der Wassermenge, die bei Turgi die Niederschläge von dem Nordabhang der Dôle und vom Oldenhorn bis zu den grauen Hörnern im Weisstannenthal sammelt. Aus dem Alpengebiet entfliesst indessen diese grosse Wassermasse nur an sehr wenigen Stellen, in grössern Strömen bei Thun, bei Luzern und bei Wesen, in weit kleinern durch die Rinnen der Saane, der beiden Emmen und der Thur. Die beiden letztern erhalten aus dem Alpengebiet nur kleine Zuflüsse, ohne welche sie der Motive ihres Bestehens genug haben. Ein vorragender Einfluss auf das Tertiärgebiet durch weiter rückwärts liegende

Ursachen kann also nur der Saane, Aare, Reuss und Linth zugeschrieben werden; allein auch ihr Verlauf im Tertiärgebiet, so übereinstimmend mit demjenigen der hier einheimischen Flüsse, spricht dafür, dass sie in ihrer Bahn durch das Tertiärgebiet durch ähnliche Factoren geleitet wurden wie letztere, — mit andern Worten, dass sämmtliche Flussrinnen des Tertiärlandes, einheimische und auswärtige, Rhône und Rhein allein ausgenommen, innerhalb dieses Gebietes durch keine demselben fremden Kräfte beeinflusst waren. Auch die erstgenannten Alpenströme folgen von da an, wo sie in das Tertiärgebiet eintreten, den zwei Neigungen, welche in demselben als dominirend bezeichnet wurden. Fügen wir hiezu den schon berührten Umstand, dass grössere Unregelmässigkeiten im Wasserlauf nur in den Nagelfluhgebieten und in der Nähe der Dislocationslinie vorkommen, so ergiebt sich auch hieraus, dass Gefäll und der Grad des Widerstandes der Unterlage ausreichen, um die Flussrichtung zwischen Alpen und Jura zu erklären.

Thäler in dislocirtem Gestein.

1. Querthäler.

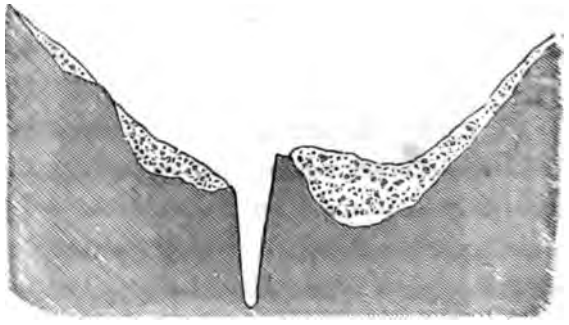
Reussthal.

Halten wir uns hier an die in den wesentlichen Prädicaten für dislocirte Schichtenfolgen allgemein gültige und unmissverständliche Unterscheidung von Querthälern und Längsthälern, so scheint mir der Plan meiner Arbeit am meisten gewinnen zu können durch Herausgreifen eines einzelnen Beispiels, dessen individuellen Werth ich schon zum voraus nochmals betonen möchte. Die Wahl desselben konnte nicht schwer fallen. Die Karte der Schweiz zeigt nirgends einen Querriss, der an Mächtigkeit und Ausdehnung dem Thale gleichkäme, das ohne alle Unterbrechung (als Thal im weitesten Sinn des Wortes) von Brunnen, um nicht noch weiter nördlich anzuheben, eine grosse Zahl von Längsketten durchschneidend, bis nach Arona zieht und gewissermaassen das gesammte Alpengebirge in zwei Hälften schneidet. Eine vorläufige Analyse mag zwar gleich zugeben, dass dieses Thal, dem innerhalb unserer Alpen nur das damit sich fast in rechtem Winkel kreuzende grösste Längsthal, von Martigny nach Chur, an Ausdehnung gleichkömmt, auf einzelnen Stücken seines Verlaufs mit Längsthälern zusammenfällt; so von Andermatt bis Hospenthal, von Airolo bis Madrano, theilweise selbst bis Dazio, und von Arbedo bis Locarno oder bis Brissago. Doch hindert dies nicht, das Thal als Ganzes zu betrachten, da Beispiele von Querthälern, die keinerlei Verbindung mit Längsthälern eingingen, nur in höchst rudimentären Anfängen vorkommen dürften.

Bei der speciellen Darstellung sehe ich vorläufig von demjenigen Theil des Thales ab, auf welchem die Continuität des Gesteines theils durch weite Trennung der Thalwände, theils durch Schuttauffüllung dem Auge verschlossen ist; das anstehende Gestein kömmt im Reussbett erst über Amsteg zum Vorschein und bleibt von da an bis Bodio nur mit kurzen Unterbrechungen zu Tage. Auch auf grösserer Ausdehnung, von Erstfeld bis Luino stimmen indessen mineralogischer Charakter und Streichen der Gesteine an beiden Thalwänden so sehr überein, dass die Schlüsse, die sich auf den in anstehendes Gestein gelegten Theil des Flussbetts beziehen, wohl ohne grosse Fehler auch auf diese weitere Erstreckung ausgedehnt werden können.

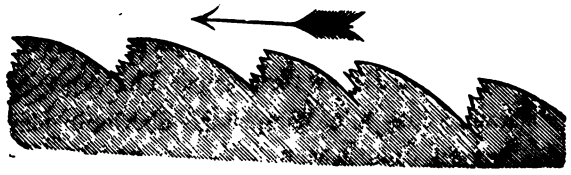
Die Materialien, in welchen die Flüsse auf dieser weiten Erstreckung laufen, bedürfen hier keiner Beschreibung; es ist bekannt, dass es ausser den wenig veränderten Sedimentgesteinen, die das Thal von Ursern, sowie dasjenige von Airolo durchziehen, grösstentheils crystallinische, meist mehr oder weniger blättrige Gesteine sind, die mit sehr verschiedenem Fallen, aber mit wenig wechselndem Streichen mehr oder weniger quer durch den Lauf des Hauptflusses setzen, oft so regelmässig, dass Klüftungslinien häufig von einer Thalwand zur anderen, ja von einem Gipfel zum jenseitigen in vollkommen ununterbrochener Linie sich verfolgen lassen.

Bei den ersten Häusern ob Amsteg, Inschi genannt, zieht überhalb des Baches, der vom Kröntlet und Buhon herunterstürzt, das erste grössere Gneisriff quer durch das Thal, mit dessen Durchsägung die Reuss noch heute beschäftigt ist. Sein oberer Rand ist von Schuttmassen und Vegetation bedeckt, aber der Sägeschnitt geht mit verticalen Wänden wohl 2—300 Fuss in die Tiefe. Niemand kann misskennen, dass keine anderweitige Kraft diesen Schnitt geführt hat, als das brausende Wasser, das ihn stets weiterführt; und als lehrreiche Parallele ist der gegenüberliegende ausserordentlich steile Abhang, der vom Bristenstock herunterfällt, durchweg, freilich grösstentheils im Streichen des Gesteins von Wasserrinnen durchfurcht, welche Prismen von wohl tausend Fuss Höhe aus der Bergwand herausgegraben haben, so dass ein horizontaler Durchschnitt der Basis des Gebirgsstocks eine tief gezackte Contourlinie hat. So durchfurcht steigt der Abhang des Gebirges in gleichförmiger Flucht bis in eine Höhe von etwa 900 M. über der Thalrinne; hier ist er unterbrochen durch eine Terrasse von grosser Bedeutung, der wir noch häufig begegnen werden.



Im Reussbett und an der Strasse folgen sich weiter aufwärts jener Querriffe von nun an eine grosse Menge; an einzelnen Stellen mit grosser Regelmässigkeit in Intervallen von etwa 1000 Fuss; offenbar nichts anders als wiederkehrende Schichten härteren Gesteines, die der Ausgrabung des Thales grössern Widerstand entgegensetzten; der Beleg davon liegt, mit jedem Riff

sich wiederholend, in der Beschaffenheit der Stoss- und der Leeseite. Während die letztere, die der bohrenden Kraft im Rücken liegt, in Folge ungestörter Verwitterung splittrig ist, ist die Stossseite regelmässig durch Gletscherwirkung, bis in ein gewisses Niveau auch von Wasserwirkung geglättet.



Zwischen zwei solcher Riffe stürzt sich von der östlichen Thalwand, im Streichen des Gesteines, der Fellibach in die Reuss. Ihm entlang führt ein sehr steiler Weg zu den Häusern von Felliberg, über welchen das Fellithal in mittlerer Höhe von 1500 M., auf langer Strecke mit geringem Gefäll, gegen das Crispaltgebirge ansteigt. Blickt man von der Höhe der Oeffnung dieses Seitenthales in das Hauptthal hinaus, so wird sofort deutlich, dass man sich eben auf jener Terrasse befindet, von welcher die Rede war. Thalauf- und abwärts ist sie an den Bergabhängen angedeutet; auf den Vorsprüngen pflegt sie die letzten Winterwohnungen zu tragen (Arniberg, Heisigegg etc.) und ihr gehören die meisten Seitenthäler an, welche bekanntlich im untern Theil des Reussthales gewissermaassen in halber Höhe seiner Thalwand ausmünden, so dass von der Reuss nur sehr steile und hohe Stufen in die mehrentheils wenig geneigten Seitenthäler hinaufführen. Doch werden diese Stufen in gleichem Maasse niedriger, als man im Hauptthal weiter nach oben vorrückt. Verbindet man daher die mittleren Niveau's der Seitenthäler an den Stellen, wo sie ihre horizontalsten Thalstrecken haben, so ergiebt sich, was das Auge an günstig gelegenen Standpunkten auch sofort erfasst, dass sie alle einer gemeinsamen Terrasse von geringerer Neigung angehören, als das Hauptthal. Beide Falllinien convergiren nach oben und es wird sich also eine Stelle finden, wo die beiden Thalflächen zusammenfallen. Dies trifft ein bei Andermatt; von da abwärts verlaufen zwei Thalwege: die gedachte Terrasse, im Hauptthal nur durch horizontale Stellen in dem sonst steilen Profil der Vorsprünge angedeutet, in den Seitenthälern aber zu reichlicher Entfaltung kommend; tiefer unten, mit viel steilerem Gefäll, der ununterbrochene Thalweg der heutigen Reuss.

Es ist unmöglich, den Schluss zu unterdrücken, dass die Reuss einst während langer Zeit mit geringerem Gefäll auf jenem höhern Niveau floss, mit andern Worten, dass jene Terrasse einst auch den Thalweg des Hauptthales bildete, und dass dann eine Wirkung eintrat, welche dieses so rasch vertiefte, dass die Erosion der Nebenthäler mit derjenigen des Hauptthales nicht Schritt zu halten vermochte, so dass ihre Sohlen nun in der halben Höhe der Wand des Hauptthales ausmünden und ihre Gewässer in Wasserfällen in den jetzigen Thalweg hinunterstürzen.

Auch hier verhindert mich der Mangel an genügenden Höhenangaben, die Neigung der beiden Thalwege in Winkeln anzugeben. Die folgenden Angaben, für den ältern Thalboden

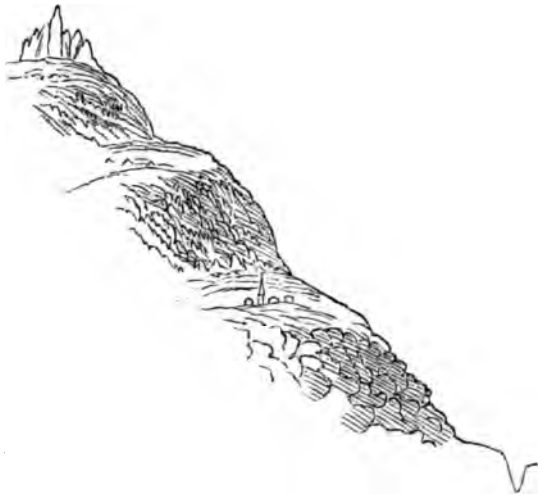
den am wenigsten geneigten Stellen entnommen, mögen indess zur Versinnlichung dieser Verhältnisse ausreichen.[1])

Ueber die Ursache, welche die Geschichte der Thalbildung in zwei so verschiedene Epochen theilen mochte, scheint es an Documenten nicht zu fehlen. Es leuchtet ein, dass in einem Gebirge, das im Grossen aus so gleichartigen Substanzen in so gleichförmiger Lagerung gebildet ist, an verschiedenen Widerstand des Gesteins überhalb und unterhalb des heute von der Reuss verlassenen Thalweges nicht zu denken ist. Allein ein Wink liegt in dem Umstand, dass alle Vorsprünge überhalb des alten Thalweges in ungewöhnlich starkem Maasse die Spuren von Eiswirkung an sich tragen. Es wurde freilich schon bemerkt, dass solche Spuren auch im heutigen Reussbett keineswegs fehlen. Jedes vorspringende Riff trägt solche auf seiner Südseite, und es giebt Thalstellen, welche gewissermassen solche Riffe in ganz grossem Maassstabe darstellen, d. h. wo das Riff ganze Partieen des Gebirges umfasst, oft alles, was sich zwischen zwei Seitenbächen befindet. Dahin gehört z. B. die schief nach Norden ansteigende Fläche, auf welcher das zerstreute Dorf Gurtnellen steht. In Folge dieser Neigung bildete sie einst eine ausgedehnte Stossseite für den Gletscher des heutigen Reussthales, und bis heute vermochte die Verwitterung kaum, diese ausgedehnten Spiegelflächen eindringlicher zu körnen und der Vegetation einen ersten Anhalt zu verschaffen. Ebenso sind die thalauswärtsstehenden Thürpfosten jedes Seitenthales (die linkseitigen der Westseite, die rechtseitigen der Ostseite des Hauptthals) oder also die Vorsprünge, an welchen sich die Gletscher der Seitenthäler beim Hinaustritt ins Hauptthal stärker rieben, meist bis tief hinunter in grossartigster Weise polirt. Einer der schönsten dieser geschliffenen Thürme bildet den linkseitigen Thürpfeiler des Gornernthales, um welchen sich der Gornerngletscher einst nach der Terrasse von Gurtnellen hinausbog. Ein ähnlicher steht bei Wasen an analoger Stelle des Meyenthals, ein dritter am Ausgang des Thals von Göschenen u. s. f. Von dem Reussbett ist die Terrasse von Gurtnellen nur durch eine niedrige Stufe getrennt, wo Eis noch niemals, sondern wo nur noch flüssiges Wasser gearbeitet hat. Hier beginnt also sogar ein neuster Thalweg, an welchem die Reuss noch heute und wahrhaftig nicht träge arbeitet, ein Thalweg, der wohl bald selbst den jüngsten Eisweg in der heutigen Thaltiefe in ähnlicher Weise über sich zurücklassen wird, wie dieser einst der hochgelegenen Terrasse der Seitenthäler vorauseilte.

---

[1]) Die Karte von Uri (1 : 100,000) lässt diese Terasse den mit dem Thal durch eigene Anschauung Vertrauten ziemlich deutlich erkennen:

Jetziger Thalweg:	Andermatt	Göschenen	Pfaffensprung bei Wasen	Mündung des Fellibachs	Amsteg
	1431.	1063.	830.	713.	522.
Alter Thalboden:	Realp	Gwüest in Göschenen	Fernigen im Meyenthal	Waldialp im Fellithal	Griesseren im Maderanerthal
	1542.	1555.	1459.	1543.	1158.



Wenn indessen die Gletscherspuren der jetzigen Thaltiefen frischer sind, so sind diejenigen über der oberen Terrasse, die ich die Terrasse von 1500 M. oder die Terrasse von Realp nennen will, weit ausgedehnter. Es soll damit nicht gesagt sein, dass jener alte Thalboden einem höhern Gletscherniveau seinen Ursprung verdankte, sondern nur, dass er nicht nur Wasser, sondern einst auch Eis enthielt. Allein auch diess ist nicht der älteste Eisweg des Thales. Noch höher, hart an den zerklüfteten Felsgipfeln hin, in einer Höhe von beiläufig 2000 M. verläuft scharf gezeichnet eine noch ältere Eisbahn, über die sich Niemand täuschen kann, da es dieselbe ist, welche in den Alpen überhaupt zuerst mit Genauigkeit verfolgt wurde. Es ist diejenige, welche durch die so oft copirte Zeichnung der Bromberghörner in Agassiz's Tafeln so bekannt geworden ist und die man daher geradezu die Brombergterrasse nennen könnte. Sie ist durch das ganze Alpengebiet leicht verfolgbar und dadurch scharf bezeichnet, dass über ihr nur noch die an der Luft verwitternden Hörner liegen, welche noch niemals auf lange Zeit von Eis eingehüllt waren, sondern mit jedem Sommer an den steilen Stellen vom Schnee entblösst werden. In den Profillinien der Seitenvorsprünge des Thales tritt sie deutlich zum Vorschein und trägt auch an vielen Stellen höchst charakteristische Namen, wie Grossgand am Kröntlet (2011 M.), Schyn, Abrigen etc. in Gornern.

Vereinigen wir schon jetzt diese Thatsachen in Ein Bild, so setzt sich die Geschichte des Thales zusammen aus Phasen raschen Wachsthums der Rinne und aus Perioden relativen Stillstandes. Beide haben in den Querprofilen ihre Spuren hinterlassen, jene in Form von steilen Abhängen, diese als horizontale Stufen. Am meisten fallen zwei Linien ins Auge, der heutige Thalweg, vom Wasser gebildet, und die Terrasse von 1500 M., an welcher wohl Wasserwirkung sich ebenfalls vorwiegend betheiligte. Schwächer angedeutet sind zwei fernere Stillstände, die beide einer Eisperiode vorwiegend angehören; in der Höhe von 2000 M. die Terrasse der Bromberghörner, die älteste Eisbahn des Thales; in der Tiefe, wenig vom heutigen Thalweg verschieden, die jüngste Eisbahn, die Terrasse von Gurtnellen in einer Höhe von beiläufig 800 M. Jenseits dieser, d. h. über 2000 M. und unter 800 M. liegen die Epochen, wo bisher Eis noch niemals bleibenden Fuss fassen konnte, sondern nur noch Wasser, als Schnee oben, als Fluss unten, die Verwitterung unterstützte. Es liegen also vier Thalwege von längerer

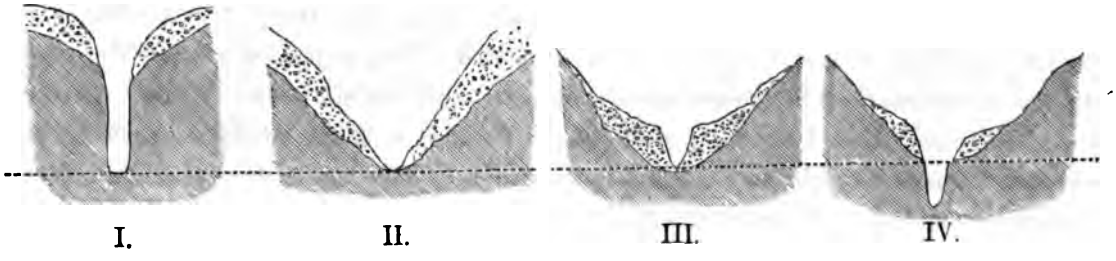
Dauer vor Augen, alle mit einem nach Norden gerichteten, aber verschieden starken Gefäll: am steilsten der heutige Thalweg der Reuss, am wenigsten steil die Terrasse der Seitenthäler. Alle convergiren nach oben; die Terrasse von Gurtnellen vereinigt sich mit dem heutigen Thalweg der Reuss schon bei Wyler, die Terrasse der Seitenthäler bei Andermatt, die Terrasse von 2000 Meter erst auf den Schultern der Gotthardgipfel, am Monte Fibbia und Monte Prosa, wo auch die Schneerunsen anheben, welche die heutige Reussbahn speisen.

In einem Gebirge von der Composition des Gotthard, gebildet aus steil aufgerichteten Gneis- und Hornblendgesteinen von sehr wechselnder Härte und Schieferung, kann Niemand erwarten, diese Terrassen continuirlich gezeichnet zu sehen; man muss sie componiren aus Stücken, die bald nur an der einen, bald an der andern Thalwand hängen; auch fehlt es nicht an Zwischenstufen von untergeordneter Bedeutung. Noch häufiger reissen Tobel neuesten Ursprungs, Wasserrinnen und Lawinenzüge, die von den Gipfeln schnurgerade in die Reuss hinunterstürzen, tiefe Furchen durch alle diese Monumente älteren Datums. Ebensowenig dürfen wir zweifeln, dass derartige Furchen, die der jeweiligen Tagesgeschichte angehören, sich nicht in allen Lebensaltern des Thales gebildet haben und dass nicht eine sehr grosse Zahl derselben spurlos verschwunden sei, wie denn die Arbeit sicherlich niemals gänzlich stillstand. Den genannten Linien kömmt aber eine allgemeinere Bedeutung zu, die uns die grössern Phasen der Thalbildung in Erinnerung ruft.

Nach diesen allgemeineren Anschauungen können wir die Wanderung durch das Hauptthal rasch fortsetzen. Die Brücke beim Pfaffensprung unterhalb Wasen führt wieder über eine vertikale Kluft von über 100 Fuss Tiefe, die wie ein Sägenschnitt ein verticales Riff von anstehendem Gestein quer durchsetzt. In einer viel tiefern Kluft, freilich im Streichen des Gebirges, bricht einige Schritte weiter die Meyen-Reuss aus dem hochgelegenen Meyenthal heraus, und ähnliche Verhältnisse wiederholen sich auch weiter hinauf in kleinerem oder grösserem Maassstab so häufig, dass eine weitere Erwähnung entbehrlich ist. Die geologische Karte zeichnet von hier bis Göschenen Granit, und dieser geringern Spaltbarkeit des Gebirges mag die ruhigere Gestaltung dieser Thalstrecke mit ihren Schuttterrassen, schön gekrönt von der Kirche von Wasen, sowie das geringere Gefälle des Flusses zuzuschreiben sein. Doch hört hiemit die Zerklüftung des Gesteins keineswegs auf; ein grossartiges Beispiel davon bildet der steile Ausgang des Rohrthales bei Wattigen, eine tiefe Spalte im Streichen des Gebirges, dessen eigenthümliche Structur den raschen Zerfall durch Frost und Hitze in merkwürdiger Weise unterstützt. Obschon in den Zonen des Gneisses nicht fehlend, so tritt doch in den von der geologischen Karte als Granit bezeichneten Gebieten eine Erscheinung deutlicher auf, für welche vielleicht an Rohrbach und an der Teufelsbrücke die schönsten Beispiele vorliegen. Das Gestein ist nämlich nicht nur vertical zerklüftet, sondern es hat überdies eine von Auge freilich weit schwerer zu entdeckende, nahezu horizontale Spaltbarkeit in ziemlich regelmässigen Intervallen

von etwa 3—6 Fuss. Würden die Glimmerblätter der letzten Richtung folgen, so würde man fast an eine horizontale Schichtung denken können. Eine dritte Spaltungsrichtung muss in verticaler Weise quer oder schief durch das Streichen gehen. Die Folge davon ist, dass die Verwitterung mächtige sechsseitige Blöcke von Würfel- oder eher von Rhombenform ablöst, die dann von den Felswänden herunterfallen und zwar so, dass Wand um Wand von unten nach oben stückweise abgebrochen wird. Bis hoch an die Hörner hinauf sieht der Wanderer solche Würfel zum Fallen bereit noch an den verticalen, durch ihre Vorgänger entblössten Felstafeln hängen, und der geringe Erfolg des Wassers an denjenigen, die bereits im Flussbett liegen oder der Vegetation an denjenigen, die in den Grundstücken der Thalbewohner herumliegen, zeigt, dass dieser regelmässige Process der Abbröckelung rasch vor sich geht.

Hiemit sind die Materialien da, die wir bedürfen, um uns von der Art, wie heute die Thalbildung im Reussthal vorwärts geht, ein allgemeines Bild zu machen. Die Factoren, die zunächst in Rücksicht fallen, sind: die Structur und Lagerung des Gesteins, Verwitterung, Regen und Lawinen, Reuss. Die nahezu verticale Stellung der Schichten, ihre ungleiche Härte und ihr Streichen quer durch das Hauptthal fallen in erste Linie. Sie fördern die Ausweitung der Seitenflüsse, die also im Streichen des Gesteins arbeiten. Aber auch die Arbeit der Reuss, die quer durchgeht, wird dadurch nicht gehemmt, sondern nur in ungleiche Abschnitte getheilt, bedingt durch die stete Wiederholung ungleicher Widerstände. Sie hat fortwährend härtere Riffe durchzusägen, welche als Stauung rückwärts wirken und die Ansammlung von Schutt im Rücken erleichtern. Ist der Schnitt tief genug, so erfolgt dann die Drainirung des hinterliegenden Bassins um so rascher und vollständiger. Gerade durch die Hemmnisse mag so die Arbeit der Reuss vielleicht an Energie gewinnen, und ihr Erfolg im Verhältniss zu den an Wassermenge oft kaum zurückstehenden Seitenbächen scheint dies zu belegen. Die Phasen dieser Arbeit können durch folgende Profile veranschaulicht werden, welche an einer und derselben Stelle in der Ordnung ihrer Numerirung sich unablässig wiederholen, und wofür factische Beispiele an Ort und Stelle zu Hunderten gesammelt werden können.



I. II. III. IV.

Es ist wohl überflüssig, diesen Profilen noch Anderes beizufügen als die Bemerkung, dass auf IV. die Arbeit stets wieder mit I. fortfährt, oder dass sie in ununterbrochener Wiederholung von Sägen, Erweitern, Ausfüllen, Abführen, Sägen u. s. f. sich fortsetzt. Und die Erwägung, dass die Zusammensetzung des Gebirges in verticaler Richtung, von den höchsten Gipfeln bis in das Bett der Reuss keine bemerkbaren Wechsel zeigt, bringt auch den weit allgemeinern Schluss sofort zu Tage, dass die Kräfte, die wir heute in der Sohle des Thales an der Arbeit sehen, durchaus genügten, um allmählig in Form von Schutt die ungeheuren Prismen von Gebirge wegzuschaffen, an deren Stelle nun das Reussthal und die Seitenthäler liegen.

Schwieriger mag die Erklärung der Richtung des Hauptthales scheinen, aus welcher dann die Richtung der Seitenthäler von selber folgt. Zu diesem Zweck halten wir einstweilen nur das Ergebniss fest, welches aus dem bisherigen Verlauf mit nicht geringerer Schärfe hervorgeht als das soeben betonte, dass offenbar das Hauptthal, hier also das Querthal, ältern Datums ist als die Seitenthäler, da es ja diese sammelt, oder dass es wenigstens in seiner Weiterbildung den letztern oder den Längsthälern stets vorauseilt und quer durch alle Widerstände die Drainirung des ganzen Gebirges ausführt.

Eine wichtige Modification des Processes, die zunächst der Untersuchung bedarf, bilden dann die abwechselnden Phasen von rascherer Arbeit und von relativer Ruhe, welche die Abwechslung von steilen Hängen und von Terrassen in dem Querprofil des Thales zu Stande brachten. An Lehren, die hierüber Licht verbreiten, ist das Thal von Göschenen, bei welchem wir soeben anlangten, besonders reich.

Göschenen-Thal.

Wer zu Fuss und mit aufmerksamem Auge von Amsteg das Thal hinaufreiste und sich bereits an der Eingangspforte der grausen Schlucht der Schöllenen sieht, den muss es im höchsten Grade überraschen, bei den Häusern von Göschenen ein grosses Seitenthal ganz ebenen Fusses in das Hauptthal münden und seinen Gletscherhintergrund scheinbar in horizontaler Perspective öffnen zu sehen. Doch belehrt ihn ein Besuch desselben, dass das Thal tüchtig ansteigt und dass es erst in seinem hintern Theil der oben gedachten grossen Terrasse der Seitenthäler angehört. Billigerweise sollte es daher so gut wie die andern Thäler, deren Ausgang bisher immer hoch über uns zurückblieb, in Form eines steilen Absturzes nach der Reuss abbrechen. Dass dem nicht so ist, erklärt sich dadurch, dass das Thal regelrechter als irgend ein vorhergenanntes im Streichen des Gebirges liegt und dass es überdies nicht wie diese nur einer Thalseite angehört, sondern sich am Ostabhang in dem steilen Tobel des Rienthals fortsetzt, das am Rienzerstock vorbei bis in's Fellithal hinüberzieht. Es ist somit schon ein treues

Vorbild des nur weit grössern Längsthals, das eine Stunde südlicher von der Furca nach Andermatt und jenseits steil nach der Oberalp hinaufzieht; ein ächtes Längsthal, welches das Hauptthal quer so gut durchsetzt, als das Thal von Ursern, allein nicht wie dieses in weicheren Gesteinen, sondern durchweg in nahezu vertikalem Gneis verläuft. Aus früher Gesagtem ging dabei hervor, dass das Thal überhalb der untern Gletschergrenze liegt; und da seine Seitenwände überdies nur wenig über die obere Gletschergrenze hinausragen, so giebt es wenig Thäler in den Alpen, welche die Erinnerung an Eisausfüllung in grossartigerem Maassstabe zur Schau tragen als dieses. Nicht minder lebhaft ist der Eindruck, dass es nicht grosser Veränderungen bedürfte, um das Thal aus dem heutigen Zustand in den frühern, da es ein grosses Eisbecken bildete, zurückzuführen. Der Wolkenzug, der den grössten Theil des Jahres in der Richtung des Thales über die himmelhohen Gräte wegzieht oder tiefer unten als schwerer Nebel sich in den tausend Schluchten fängt und Fels und Rasen unablässig durchnässt — die Bäche, die aus den zahllosen Rinnen herunterrauschen — die Schneehalden, welche in all den schattigen Mulden lauern, die mächtigen Gletschermäntel, welche noch heute von allen Bergschultern in das Thal herunterhängen, die Lawinenzüge, welche dicht aneinandergereiht riesige Schuttmassen von den zerklüfteten Gipfeln herabbringen, alles das sagt uns, dass Luft und Wasser, Schnee, Eis und Fels schliesslich nur Eine mehr oder weniger bewegliche Masse bilden, auf deren Oberfläche Vegetation und Mensch nur vorübergehend haften, der Wiederkehr jener noch weit unwirthlicheren Zeiten unablässig ausgesetzt.

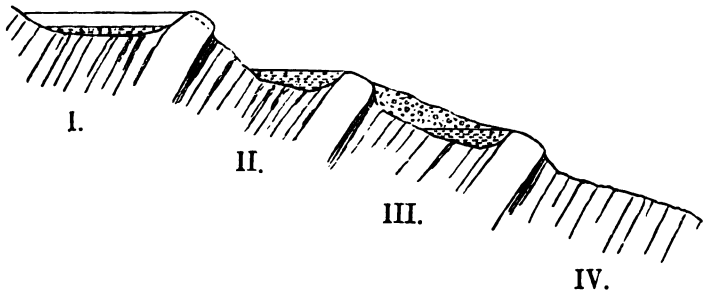
Zwei Stunden hinter Göschenen, überhalb der einsamen Capelle von St. Niclaus (1389 M.), bei welcher die Schlucht von Göschenenvoralp in das Längsthal ausmündet, steigt die Sohle des letztern in einer mächtigen Stufe hinan auf die Terrasse, welche den Namen Gwüest nicht mit Unrecht trägt. Zahlreiche riesige Gneistafeln, die von den Lawinenzügen ins Bachbett heruntergebracht sind, führen die Gewalt des Wassers in Durchsägung von Felsriffen in handgreiflichster Weise vor Augen. Häufig sieht man solche Blöcke, zufällig und ohne Zweifel nicht vor langer Zeit quer in den Strom gelegt, ihm also nicht etwa ihre Spaltflächen, sondern ihre Querseite bietend, halb durchsägt oder gar entzweigeschnitten. Der Thalkessel von Gwüest bildet eine vollkommen horizontale Fläche (1555 M.) in ihrer ganzen Breite von dem Geschiebe des bald da bald dort hingeworfenen Flusses ausgefüllt. Eine enge Klamm, im Streichen des Gesteines durch einen vorgeschobenen Sporn des Gebirges gesägt, trennt ihn von dem gleich ebenen, aber mit Moor und nassen Wiesen bedeckten Kessel der Göschenen-Alp (1717 M.) und ein weiteres Riff schliesst einen dritten Kessel, die Kehlenalp, ab (1840 M.), von wo dann der blinde Anfang des Thales, sein jüngster Theil, zum Hauptkamm des Gebirges aufsteigt. Allerdings sein jüngster Theil. Es kann kaum Stellen geben, die den Process der Thalbildung in stark geneigtem crystallinischem Gestein in ihren Anfängen besser veranschaulichen. Auch hier ist Riegelbildung, d. h. ungleiche Härte der Sohle, ein wichtiges Moment; eine Compli-

cation, allein von unerheblichem Belang bilden nur die Gletscher, welche alle Vorsprünge zu Wänden und Buckeln von Farbe und Politur der Bronze abgeschliffen haben. Hierauf beschränkte sich aber ihre Wirkung. Ein glänzendes Beispiel, das hier zur Hand liegt, lässt darüber keinen Zweifel, indem der Dammagletscher seinen Fuss über das Geschiebe wegstösst, ohne es wegzudrängen. Ein neues Moment aber, dessen Wichtigkeit hier klar wird, sind die Lawinenzüge. Sowohl der Kessel von Göschenenalp, als derjenige von Gwüest sind nur linkerseits von Vorsprüngen anstehenden Gesteins gesperrt; auf der rechten Seite werden die Riegel durch die ungeheuren Schuttkegel gebildet, welche mit jedem Frühjahr sich vergrössern.

Die Thalbildung besteht nach dem Gesagten hier aus ähnlichen Processen, wie im Hauptthal, nur tritt hier noch eine Phase hinzu, über welche das ältere Hauptthal sich durch gleichförmigeres Gefäll und gleichförmigeren Querschnitt des Thales bereits hinaus gearbeitet hat, die Becken-, unter Umständen Seebildung. Wiederum haben wir Sägen, Erweitern, Ausfüllen; aber die mächtigeren Hindernisse, stärkere Bergvorsprünge und stärkere Schuttwälle durch Lawinen oder Gletscher lassen die hinter ihnen liegenden Thalstücke sich bis zu Becken erweitern, die sich mit Schutt, und wenn die Wasserzufuhr stärker ist als der Abfluss, mit Wasser füllen, bis endlich der Riegel durchschnitten und das Becken drainirt wird und schliesslich ein Gefäll erhält, das eine Verstopfung unter gewöhnlichen Umständen hindert; die gesammte Arbeit

besteht hier also aus der Wiederholung von Sägen, Erweitern, Absperren, Auffüllen (mit Schutt oder Wasser), Durchsägen, Abführen.

Hier wird offenbar, dass Beckenbildung sich hauptsächlich an jugendliche Thalstrecken knüpft, deren Querschnitt noch schwankend ist und deren Seitenwände ihren Schutt noch nicht in so gleichförmiger Weise entsenden, dass ihn der Fluss jeweilen beseitigen kann. Sind die Vorsprünge abgenutzt und hat sich die Verwitterung der Thalwände mit der Stärke des Flusses ins Gleichgewicht gesetzt, so hört diese Form der Thalbildung auf oder wird vielmehr in eine weiter zurückliegende jüngere Thalstrecke verlegt. Man könnte sagen, dass die Becken und folglich auch die See'n, die ja nur eine unwesentliche und ephemere Modification des Processes bilden, rückwärts wandern. Richtiger sagen wir indess, dass die Erosion in der Geschichte eines Thales, um Becken zu bilden, immer weiter rückwärts liegende Stellen desselben aufsuchen muss. Die Bildung von Becken beginnt also so gut wie Thalbildung überhaupt im allgemeinen jeweilen unten und schreitet von da thalaufwärts. Die untern oder ältern Theile eines Thales werden daher in der Regel die Beckenbildung hinter sich haben, sei es, dass diese blos in das allgemeine Gefäll gebracht oder aufgefüllt, sei es, dass sie spurlos verschwunden, d. h. sammt ihrer Unterlage weggeräumt sind. Ueberdies erhellt, dass Bassins keineswegs ein nothwendiges Stadium von Thalgeschichte bilden, da sie wesentlich durch grosse Ungleichheit der Widerstände des Bodens bedingt sind. Die häufig gehörte Frage, warum dieses oder jenes Alpenthal keinen See enthalte, kann also nur unter Berücksichtigung der individuellen Verhältnisse des Thales beantwortet werden. Das Thal kann dafür zu alt oder zu jung sein, oder die Gleichförmigkeit des Gesteines und seiner Verwitterung lässt es überhaupt nicht zur Beckenbildung kommen, sowie es auch von den speciellen Verhältnissen jedes Thales abhängen wird, wie lange sie sich da, wo sie zu Stande kommt, wiederholt. Längsthäler und Gebirge mit horizontalen Schichten werden überdies von vornherein diese Thalform sehr erschweren, während sie in hohem Maass begünstigt wird durch steile Stellung des Gesteins in Querthälern.



Wir können das Thal von Göschenen nicht verlassen, ohne einige Worte über das Licht hinzuzufügen, welches dieser Schauplatz grossartigster Gletscherwirkung auf unsere Aufgabe fallen lässt. Für Bewohner der Alpen und häufige Zeugen der Art der Wirksamkeit von Glet-

schern bedarf zwar die in der neuern Litteratur zu solcher Wichtigkeit gelangte Frage über den Antheil von Gletschern an der Thalbildung kaum einer ernsthaften Erörterung, und stillschweigend lag sie schon in den früheren Bemerkungen, welche zeigten, dass selbst wiederholte Ausfüllung des Reussthales mit Eis nicht vermochte, die weit vorstehenden Thürpfosten der Stossseite der Thalausgänge wegzuschaffen, ja nicht einmal die Leeseite der kleinen Riffe, die so zahlreich in das Flussbett vorstehen, abzuglätten (s. Holzschnitt Pag. 15). Auch Beispiele, dass Gletscher über Sandflächen weggehen, ohne diese kaum aufzuwühlen, sind dem Einwohner jedes Gletscherthales geläufig genug.[1]) Ausser der Politur, die die Felsen härtet, sind Morainen somit die einzigen Factoren, welche Gletscher in die Geschichte eines Thales hineinschieben, also Materialien, die sie nicht einmal selbst sammeln, sondern auf kurze Zeit gelehnt erhalten. Und selbst in Rücksicht auf Betrag und Wirkung der Morainen mag wohl nicht manches Alpenthal so eindringliche Lehren bieten, wie das von Göschenen. Ein einziger Blick von der Göschenenalp in die Umgebung, die von Gletschern starrt, belehrt, dass die Morainen verschwindend klein sind im Vergleich zu den Schutthaufen, welche die Schneeschmelze und die Lawinen zu Thale bringen und dass jeder grössere Lawinenzug mehr Schutt liefert als die Gesammtheit der Gletscher. Statt die Thalbildung zu hindern, bilden mithin Gletscher darin vielmehr ein eminent conservirendes Element. Mit Vergletscherung wird Thalbildung stille gestellt; sie geht nur ausserhalb und überhalb der Eisdecke vorwärts. Gletscherperioden sind die Ruheperioden, man möchte fast sagen Puppenzustände in der Geschichte der Thäler; die thalbildende Kraft, die in dem Gletscher schlummerte, erwacht zur Thätigkeit erst an dessen Ausgang; die Thäler werden lebendig, wenn der Gletscher sie verlässt. Ein neues Vorrücken der Gletscher in das Thal der Reuss hinaus könnte keine andern Folgen haben, als auch noch diejenigen Theile der jetzigen Thalwände zu poliren, welche mit Eis noch nie bedeckt waren.

St. Gotthard.

Wenn das Thal von Göschenen uns den Process der Thalbildung in seiner ausgedehntesten Form, aufgehalten durch Lawinen- und Beckenbildung und manchfach unterbrochen durch Gletscherbedeckung, vorführt, so ist die Schlucht der Schöllenen ein Bild der concretesten Wirkung fallenden Wassers, der Aussägung im grossartigsten und raschesten Maassstabe. Die Strasse und der Fluss erreichen hier das stärkste Gefäll im ganzen Thal. Seitenthäler fanden hier noch nicht Zeit, sich anders als in ihren ersten Anfängen auszubilden, als tiefe Runsen

[1]) Hierüber genügt es, den Artikel »Glaciers« in Sir Rod. Murchison's Address to the Royal Geographical Society of London 1864 zu citiren.

in der Streichungslinie, getrennt durch ebenso zahlreiche scharfe Riffe, deren Widerstand sicher die Gewalt des Wassers nicht wenig steigert und dasselbe nöthigt, hinter jedem Riff sich tiefe Kessel auszubohren, in welchen es aber nicht etwa ruht. Ueberreste von einstiger Politur durch Eis sind noch da, aber der rasche Gang der Zerstörung hat sie in grossem Maassstab durch splittrige Oberflächen ersetzt. Um eine colossale verticalstehende Granitplatte, deren unmittelbarer Vorgänger noch in einzelnen Brocken drohend über der Strasse hängt, windet sich die Strasse zur Teufelsbrücke und zum Urnerloch, gebohrt in dem Riff, das einst das Thal vollkommen absperrte, bevor der Schnitt der Reuss begann. Noch jetzt ist dieser so eng, dass ein Lawinenzug, wie das Göschenenthal deren so viele enthält, leichtlich vermöchte ihn zu schliessen und für einige Zeit in dem grossen Längsthal von Ursern ein neues Wasserbecken anzulegen. Doch ist dies hier nicht zu befürchten, da das Thal zu alt und seine Abhänge zu abgetragen, an Schutt erschöpft sind. Nur die Felshörner des Bätzberges, die über die obere Eisgrenze hinausragen, liefern noch Schutt, der aber grösstentheils auf der hier sehr breiten Terrasse von 2000 M. liegen bleibt. Andere Terrassen finden sich hier nicht als der Thalboden selbst, der über der Schöllenen weg in früher gedachter Weise sich weit ins Reussthal und in dessen Seitenthäler hinausdehnt.

So stossen denn hier, nur durch das Urnerloch getrennt, zwei Stücke, heute eines und desselben Thales zusammen, deren wunderbare Verschiedenheit noch jeden Besucher überraschte. Nicht nur mündet eine in crystallinisches Gestein gegrabene enge Querrinne in ein in Schiefern ergiebig ausgehöhltes Längsthal, sondern Alles, was über Geschichte von Festland Auskunft giebt, Gipfelformen, Thalgehänge, die gesammte Physiognomie der Landschaft sowohl in ihren grossen Zügen als im kleinsten Détail ruft uns hier zu, dass das schmale Riff des Bätzberges, das von der Reuss, und das gegenüberstehende des Kirchberges, das von dem Menschen zum Behuf der Strasse durchbrochen wurde, zwei Thäler scheiden, die einer ganz verschiedenen Ordnung der Dinge angehören. Durchwanderten wir auch bisher Scenen, die nicht etwa der jüngsten Vergangenheit gehören, so stiegen wir doch allerdings in Göschenen und in den Schöllenen in die jüngsten, in die lebendigsten und lautesten Stufen eines noch in voller Bewegung und Ausbildung begriffenen Thales auf. Bei der alten Kirche von St. Columban treten wir in einen Schauplatz entlegenster Geschichte, in ein stillgewordenes altes, von abgetragenen Bergen eingerahmtes Thal, das uns wie eine Erscheinung längst verwichener Jahrhunderte fast unheimlich anspricht.

Wo das Querthal von Hospenthal wieder anhebt, um die Passhöhe des Gotthard zu gewinnen, trägt das Thal ein nicht weniger greisenartiges Gepräge; wieder tritt uns entgegen, dass Luft und Wasser hier seit viel längerer Zeit an der Arbeit sind als im Göschenenthal, trotzdem dass wir uns wie dort in der Nähe eines Gebirgskammes befinden. Und wir können nicht zweifeln, dass nicht nur das Längsthal, das uns bis Hospenthal führte, sondern dass

auch das Stück ächten Reussthales, das zum Gotthard ansteigt, einer ältern Ordnung der Dinge angehöre und mit dem jüngern Stück, nördlich vom Urnerloch, erst in später Zeit in Verbindung trat. Structur und Substanz des Gesteins sind zwar in beiden Theilen kaum verschieden, und es wäre leicht, für manche der beschriebenen Charakterzüge des untern Thalstücks sehr zutreffende Parallelen im obern Theile aufzuführen; aber sie sind hier durchweg verwischt und abgetragen. Das Relief des Gebirges erinnert an dasjenige mancher Nagelfluhgebiete, deren Physiognomie aus naheliegenden Gründen viel rascher altert oder vielmehr niemals jung ist. Und doch steht auch dieses Gebiet nicht still; die Schneeschmelze mit der ihr folgenden Zerklüftung ist rasch beschäftigt, den einförmigen Gletscherfirniss, der über alle Gipfel ausgebreitet ist, zu durchbrechen und neue Angriffspunkte der Verwitterung zu schaffen. Dennoch liegt an den Abhängen wenig Schutt; er ist längst thalauswärts geräumt; wohl aber befinden sich ganze Gipfelmassen in vollster Auflösung durch tiefgreifendste Zerklüftung; nur fehlt es an Gefäll und Wasser, dieses zusammenstürzende Gebirge fortzuschaffen. Ein guter Theil des Schmelzwassers des Schnees bleibt im Gebirge liegen und nährt abflusslose Seen, nicht etwa von jener jugendlichen Art, wie sie oben geschildert wurden, sondern Lachen in tief verwittertem Gestein. Der gesammte breite Sattel des Passes, vom Schnee fast nie ganz entblösst, bietet das Bild ewiger Wechselwirkung von Eis, Schnee und Gestein, eine Art von granitnem Sumpf, selbst mit einer dünnen Torfrinde in weiten Strecken überdeckt.

Dennoch sind gerade diese alten Berge wieder voller Lehren für die allerersten Anfänge von Thalbildung, die ja niemals aufhört, so lange als Erhebungen da sind, die der Atmosphäre ausnahmsweise Angriffspunkte bieten, zumal auf einem Kamme von mittlerer Erhebung von 8000′, südwärts den feuchten Winden vom Mittelmeer, im Rücken dem Nordabhang eines ganzen Continents zugewandt. Der Zerfall der Berggipfel ist keineswegs regellos und die Vertheilung der primitivsten Wasserrinnen folgt einem leicht constatirbaren Gesetze einfachster Art. An jedem kleinern oder grössern Berggipfel lässt sich die Beobachtung wiederholen, dass der Grad des Widerstandes der Materie ihrer Zerstörung den Gang vorschreibt. Die früher beschriebene Weise der Zerklüftung des Gesteins lässt hier ihre Wirkung bis in die kleinsten Détails verfolgen.[1])

[1]) Nur kömmt in diesen Miniaturbildern noch ein Factor hinzu, den wir bisher, wo es sich um grössere Dinge handelte, absichtlich ausser Acht gelassen haben. Es ist unverkennbar, dass ausser den früher beschriebenen Klüftungslinien noch eine fernere wirkt, der Oberfläche parallel, und sicher der Verwitterung, möglicherweise auch dem Druck des Eises angehörig. Eine Art Abblätterung, welche an den kleinen Rundhöckern, die die Gletscherwirkung zurückgelassen hat, das Gestein in concentrischen Schalen, Jahresringen ähnlich ablöst, freilich jeweilen durchschnitten durch die früher und intensiver wirkenden drei Spaltungsflächen, deren schon Erwähnung geschah. Vielleicht möchte sogar die nach Perioden verschiedene Durchfeuchtung des Gesteines (jährliche Schneeschmelze) ausreichen, diese der Oberfläche parallele Klüftungsneigung zu erklären.

Ebenso evident ist die Wirkung des Aggregationszustandes des Gesteines, auch abgesehen von seinen Spaltungsneigungen. Eine kleine Anhäufung von Quarz, ein dichteres Gefüge der resistenten Partien zeichnet sich ab in Buckeln, um welche die ersten Wasserfäden, deren jeder ja schliesslich ein Miniaturthal bildet und unter Umständen eine Thalrichtung bedingen kann, so gut herumgehen als um einen Baumstrunk oder um eine festere Rasenscholle. Was wir in dem Vorhergehenden in Verhältnissen besprachen, die sich nach Tausenden von Mêtren messen, erfüllt sich hier auf Räumen von einigen Quadratfuss Umfang. Alle Détails der Thalbildung im Grossen, Flussgebiete im vollsten Sinne des Worts, umfasst hier das Auge mit Einem Blick. Terrassenbildung, Beckenbildung, Längs- und Querthäler, alles das liegt auf engem Raume bei einander. Durch alle diese Miniaturbilder, wie durch die grossen, die oben besprochen wurden, zieht aber wie ein rother Faden die Lehre, dass an diesem Thal — so weit es Querthal ist — von seinen primitivsten Rinnsalen bis zu seiner gewaltigsten Entfaltung die Art der Wirkung der Atmosphäre einerseits, die Art der mineralogischen und stratigraphischen Zusammensetzung des Gebirges andererseits vollkommen ausreicht, um den gegenwärtigen Zustand der Dinge zu erklären. Was wir mit dem Namen von Erosion zu bezeichnen pflegen, kann anderweitige Hülfskräfte kaum irgendwo entbehrlicher erscheinen lassen als in diesem mächtigsten Querthal der europäischen Alpen.

Livinen-Thal.

Obschon man erwarten möchte, dass die zweite Hälfte des grossen Querrisses, dessen nördlichen Theil wir beschrieben haben, eine Art Wiederholung dieses bilden möchte, so tritt doch die Individualität von Alpenthälern hier grell ins Auge. Die Leventina hat mit dem Reussthal gewissermassen alles gemein: sie verläuft in ähnlichem Gestein und in wenig verschiedener Richtung; sie wird von denselben Wolken gespiesen und ist gutentheils ebenso ausschliesslich vom Wasser ausgefurcht wie jenes; sie wird in den meisten Theilen ihres Verlaufs von gleichem Alter sein und hat mancherlei Erfahrungen, wie periodische Ausfüllung mit Eis, gleichzeitig mit jenem durchgemacht. Auch wiederholen sich im Thale des Tessin die Hauptmomente, aus welchen sich das Reussthal zusammensetzt, allein nirgends mit gleicher Physiognomie, überall mit andern Zügen. Die beiden Thäler sind zwar Zwillingsbrüder, allein nicht nur vom Clima mit sehr verschiedenem Gewand geschmückt, sondern auch von Haus aus von sehr verschiedenem Charakter.

Die Beschreibung kann hier einen raschern Gang nehmen als bisher, da es sich nur darum handelt zu untersuchen, ob uns zum Aufbau eines Gesammtbildes für Entstehung des gesammten Querthals wichtige Elemente entgangen seien.

Der ausserordentliche Unterschied zwischen Nord- und Südseite des Gotthard ist Jedermann bekannt, der diesen Pass begangen hat. Hart an der Gipfelhöhe ändert sich die Scenerie wie mit einem Zauberschlage. Aus dem einförmigen Hochthal, durch welches man die Höhe erreicht hat, steigt man nieder in eine Schlucht, die an Kühnheit der Linien und an Grossartigkeit der Dimensionen in den Alpen ihres Gleichen sucht. Blickt man in früher Morgenstunde von dem merkwürdigsten Punkt des Tremolathales, von der obersten Tessin-Brücke, genau im Centrum der noch im Dunkel liegenden Schlucht nach oben wo die Zinnen der Fibbia und die riesenhafte Felsenlehne, welche oben das himmelhohe Amphitheater einrahmt, von der Sonne schon beleuchtet sind, so regen sich im Innern des Wanderers Ahnungen von Schöpfergewalten, welchen Auge gegen Auge gegenüber zu stehen die Seele erschüttert. Und dennoch kommt eine ruhige Prüfung wieder unabweisbar zu dem Schluss, dass an der Herstellung solcher Scenerie sich keine weiteren Actoren als Fels und Feuchtigkeit der Luft betheiligt haben. Die Zerklüftung des Gesteins ist hier weiter gediehen als irgendwo; seine Tafeln fallen, auf der Südseite des Fächers, steil nach Nord ein oder hängen nach Süd über; mächtige Klüfte ziehen in schnurgerader Linie ohne die leiseste Unterbrechung nicht nur quer durch das Thal, sondern von einer Bergschulter zur andern, von der Fibbia bis zum Sasso di St. Gottardo und zum Monte Prosa; man kann sich des Gedankens nicht erwehren, dass unter Umständen Tafeln von Dimensionen, die nach Kilometern messen, in Bewegung gerathen konnten. Auch im Détail ist das Gestein durch die Auscrystallisirung jener berühmten Mineralien, welche allen Sammlern so bekannt sind, von Hornblenden aller Art, von Graniten u. s. f. zur Zerbröckelung mehr als anderswo in dem ganzen Gebirgsstock geneigt. Fügt man dazu, dass jedes Frühjahr in diesen Gegenden Schneemassen aufhäuft, wie man sie in andern Alpengegenden nicht kennt und ruft sich die in frischesten Documenten angedeutete Periode zurück, wo nicht nur ununterbrochene Durchnässung bis in grosse Tiefen, nicht nur flüssiges Wasser in Tausenden von Sturzbächen, sondern auch Gletschermassen von 6—700 M. Mächtigkeit (verticale Distanz zwischen Passhöhe und oberer Gletschergrenze) im Sinne der Lockerung und der Fallrichtung des Gesteins vorrückten, so erhellt, dass hier alles sich vereinigt, was im Stande ist, die Zerstörung in einem Maasse zu beschleunigen, das auf dem ganzen übrigen Verlauf des Querthales nur portionenweise erreicht wird. Widerstände der Zerstörung fehlen gänzlich. Gefüge des Gebirges im Grossen, Aggregatsform im Kleinen, Periodicität und Energie der Atmosphäre, Alles wirkt hier in Einer Richtung.

Die Erosion kommt daher hier zu demselben Erfolg wie überall, wo ihr keine Hindernisse entgegenstehen: Ausgrabung der Thäler bis an die Wurzel des Gebirges, steile Kammform der Seitenwände und Bildung von mehr oder weniger verticalen Amphitheatern oder Cirken am Hauptkamm. Ich begnüge mich, zwei Beispiele anzuführen, wo unter ausserordentlich verschiedenen Verhältnissen doch dieselben Bedingungen zusammentreffen und wo daher die Ober-

flächengestaltung schliesslich eine analoge ist. Das horizontal geschichtete Nagelfluhgebiet des Napf und die vulcanischen Inseln des stillen Oceans haben Thalhintergründe, die sich in den wesentlichen Zügen dem Tremolathal durchaus zur Seite stellen. Die erstern sind leicht zugänglich; von den letztern giebt Dana höchst beachtenswerthe Auskunft.[1])

Von Airolo abwärts lässt das Thal des Tessin folgende Abschnitte erkennen, die durch Engpässe von einander abgeschnürt sind und drei deutliche Treppenstufen darstellen: 1. die kurze Strecke bis zu der Schlucht von Stalvedro, zu dem Längsthal von Bedretto gehörig; 2. der Abschnitt von Stalvedro bis zu dem grossen Durchbruch von Dazio grande; 3. die Strecke vom Monte Piottino bis zu dem Fall des Tessin bei Chironico, und endlich das fertige Thal mit breiter Sohle, nöthigen Falls noch theilbar in die Abschnitte von Chironico bis Biasca, in die Riviera bis Bellinzona, in das darauffolgende Längsthal von Locarno und in den Lago Maggiore.

Für unsern Zweck genügt die nähere Betrachtung der ersten drei Abschnitte. Sie bilden die untersten von den ziemlich zahlreichen Terrassen, welche sich an den Bergabhängen bald nur in kleinen Stücken, bald in grösserer Ausdehnung verfolgen lassen und von weitem durch die weissen Campanili bezeichnet sind, die aus der Mitte ihrer Dörfer von diesen Höhen herunterschimmern. Die Terrasse von Piotta zwischen Stalvedro und Dazio liegt 180 M. tiefer als Airolo; von Dazio bis Faido fällt die Thalschlucht um weitere 200 M. und von Lavorgo bis Giornico um fernere 200 M., um dann von da an in das ziemlich gleichmässige Gefäll des untern Flusslaufes und bei Bellenz in die alte Seefläche einzugehen. Terrassen sind allerdings nur im obern Theil des Thales, höchstens bis Biasca angedeutet; während von da an beide Seitenwände, und zwar in ausgedehntestem Maasse, nur noch die Spuren alten Gletscherlaufes an sich tragen. Aber auch im obern Theile, der noch nicht alt genug ist, um allen Schutt früherer Epochen verloren zu haben, sind die Terrassen, die noch an den Berghalden kleben, in fortwährender Bewegung, und die Catastrophe, welche diese Thäler im September

---

[1]) Siehe Anhang, Note 1.

Obschon der Leser der im Anhang beigefügten Sätze Dana's über Thalbildung an den Vulcanen der Südsee die grellen Schlaglichter, die von so entlegenem Gebiet auf denselben Process in unsern Alpen fallen, nicht verkennen und die Berechtigung der Parallele kaum bestreiten wird, so erlaube ich mir doch noch einen fernern Gewährsmann hier anzuführen, dessen Berechtigung, in Sachen der Sculptur der Alpen mitzureden, nicht in Frage stehen kann. Die wichtige Schrift von Al. Surell, Etudes sur les Torrents des Hautes Alpes, Paris 1861, stellt auf den einlässlichsten Studien in einem Gebiet, dessen Confrontirung mit den Alpen der Schweiz allerdings näher liegt, ein bekanntes Schema von Alpenströmen auf, das sich den Ergebnissen Dana's an den Vulcanen des stillen Oceans merkwürdig an die Seite stellt. Sieht man von der wohl unhaltbaren Begrenzung des Begriffes »Torrent« ab, welche dann Surell zu dem sonderbaren Satz führt, dass Torrents nur in leicht zerstörbarem Gestein entstehen und in primitiven Gebirgen fehlen, so verdienen die Hauptpunkte seiner Ergebnisse hier einlässliche Rücksicht und ich füge sie daher ebenfalls im Anhang als Note 2 bei.

vorigen Jahres betroffen hat, bestand hauptsächlich in dem Bestreben dieser alten Thalböden, den allmählig unhaltbar gewordenen Ort ihrer einstigen Ablagerung mit dem sicherern Ruhpunkt der jetzigen Thalsohle zu vertauschen. Die alten Thalböden sind daher um so deutlicher ausgebildet, je höher oben im Thale wir sie aufsuchen. Am besten erhalten ist die Terrasse, welche die Fortsetzung des Niveau's vom Bedrettothal bildet und welche ohne Zweifel durch den Einschnitt des Tessin bei Stalvedro entbehrlich wurde. Sie verlässt den heutigen Thalboden bei Madrano und zieht sich am linken Thalabhang mit sehr grosser Regelmässigkeit und geringem Gefäll etwa 300 M. über der kaum stärker geneigten Thalstufe von Piotta hin. Ausser Madrano trägt sie die Dörfer Altanca (1392), Ronco (1373), Deggio (1214) und Catto (1244); wir können sie die Terrasse von Altanca nennen, das nahezu die Höhe von Andermatt hat. Selbst um den von Gletscherwirkung sehr stark mitgenommenen scharfen Vorsprung des Monte Piottino zieht sie sich herum in das Becken von Faido, dessen tiefern Thalboden sie natürlich um so weiter unter sich lässt. Auch hier liegen auf ihr eine Menge von Dörfern, Osco (1164), Mairengo (923), Primadengo (975), Rossura (1056), Calonico (987), deren Namen fast durchweg bei der Catastrophe von 1868 eine traurige Berühmtheit erlangt haben. Selbst in dem dritten Thalabschnitt ist dieses Niveau noch deutlich in den schmalen Flächen, auf welchen die Dörfer Cavagnago (1021) und Sobrio (1095) am Abhang kleben. Weiter hinaus erlischt die Terrasse, da das Gehänge des Thales zu gleichförmig geworden ist, um solchen Schuttmassen bei Regengüssen noch Halt zu bieten, und wir sahen also in unsern Tagen diesen Rest eines frühern Thales um ein gutes Stück zurückweichen; der 28. September 1868 hat das Thalstück von Faido um einen erfahrungsreichen Tag älter gemacht und ihm die Physiognomie des ältern Stückes von Chironico bis Biasca verliehen. Von Altanca bis Sobrio fällt das Niveau dieser Terrasse ziemlich genau um 300 M., während der heutige Thalboden auf der gleichen Strecke von Airolo bis Biasca um volle 900 M. fällt. Die beiden Linien verhalten sich also zu einander ungefähr gleich wie der Thalweg der heutigen Reuss zu dem Niveau, das wir dort die Terrasse von Andermatt oder die Terrasse der Seitenthäler nannten. Auch ist wohl nicht zu zweifeln, dass die Terrasse von Andermatt zur selben Zeit als Thalweg functionirte, wie die Terrasse von Altanca. An der rechten Thalseite des Tessin fehlen die Spuren dieses verlassenen Thalbodens keineswegs; auch hier verlässt sie den heutigen Thalweg über Stalvedro, wo sie den Weiler Nante trägt, und sie ist in den untern Theilen der Alpen von Ravina und Prato und weiterhin bis über Ambri hin, stückweise, trotz der Unterbrechung durch tiefe Thalschluchten sogar bis Chironico verfolgbar.[1])

Wie in Uri so sind ferner neben diesen beiden Thalwegen noch andere, doch schwächer

[1]) Wie in Uri lässt auch die Karte von Tessin (1 : 100000) 1867 diese Terrassen, wenn auch nicht mit gleicher Sicherheit, wie der Anblick der Gegend selbst, nicht verkennen.

angedeutet; so hebt am Monte Piottino eine Terrasse an, welche 400 M. über derjenigen von Altanca liegt, also höher als die letztere über der heutigen Thalsohle. Sie trägt nicht mehr Kirchdörfer, aber noch Winterdörfer, wie Ternolajo (1590), Molare (1500) Matengo etc. und erlischt mit der untern über Sobrio. In Uri kenne ich für dieses Niveau keine Parallele. Noch höher folgt dann die bekannte Brombergterrasse, die obere Gletschergrenze, die indess nur an den hohen Felsstöcken der rechten Seite des Livinenthales gut ausgeprägt ist, während die linke Thalwand bald unter diese Linie sich erniedrigt. Pizzo di Molare ist hier der letzte Gipfel, der über sie hinausragt.

Auch an einer untern Gletschergrenze fehlt es im Tessin nicht; sie ist sehr deutlich am Ausgang der Schlucht von Dazio grande und besteht einfach in der Vertiefung, welche das Thal unterhalb dieser Stelle in Folge des Tiefersägens des Tessin durch den Sockel des Monte Piottino erlitten hat. Mindestens der Fuss der Thalwände des Kessels von Faido ist also frische Erosion, von Eis noch nie berührt; doch ist eine solche Grenze nur hier, wo die Arbeit des Flusses am stärksten ist, bemerkbar; unter Stalvedro würde sie gewiss bei genauerem Nachsehen auch zu finden sein; unmittelbar über Stalvedro aber und über Dazio gehen die Gletscherschliffe bis in die Thalsohle und in um so höherm Maasse in den untern Theilen des Thales, wo seit langer Zeit nicht mehr Ausgrabung, sondern nur noch Auftragung stattfindet.

Trotz so vieler gemeinsamer Züge unterscheidet sich also das Hauptthal des Tessin von dem Hauptthal der Reuss besonders durch die Abschnürung in getrennte Becken durch den Monte Piottino und das Défilé von Chironico, welche nur durch grössere Resistenz des Gesteines an diesen Stellen bedingt sind. Die Wirkung davon ist aber in keiner Weise verschieden von derjenigen, welche schon im Göschenenthal besprochen wurde, wenn auch die Beckenbildung dort einem jungen Längsthal, hier einem alten Querthal angehört. Bedretto muss sich seit langer Zeit gleich geblieben und, wie Andermatt, ein sehr altes Thal sein, da es noch heutzutage ein Niveau hat, das in den untern Thalstrecken so hoch über der heutigen Sohle liegt. Erst das Einsägen der weiter unten liegenden Riffe schuf dann die tiefere Thalsohle von Stalvedro, die noch heute bis Dazio functionirt, um aber von da an ebenfalls das jetzige Tessinbett zu verlassen. Die geringe Tiefe des Schnittes von Stalvedro erklärt auch, dass das rückliegende Thal von Airolo noch wenig eindringlich drainirt wurde. Am Monte Piottino ist bis heute der Sägeschnitt nicht so tief gediehen, dass der Thalkessel von Piotta davon berührt worden wäre; wohl aber verdankt ihm Faido seine tiefere Lage; und dasselbe Verhalten wiederholt sich bei Chironico.

Auch in umgekehrter Richtung ist die Parallele mit Göschenen gültig, sofern man den Altersunterschied der beiden Thäler und den Zustand seiner Abhänge im Auge behält. Die künftige Vertiefung des Schnittes bei Chironico wird den Kessel von Faido drainiren, den Durchschnitt bei Dazio vertiefen und folgerichtig selbst bis Bedretto zurückwirken müssen; allein

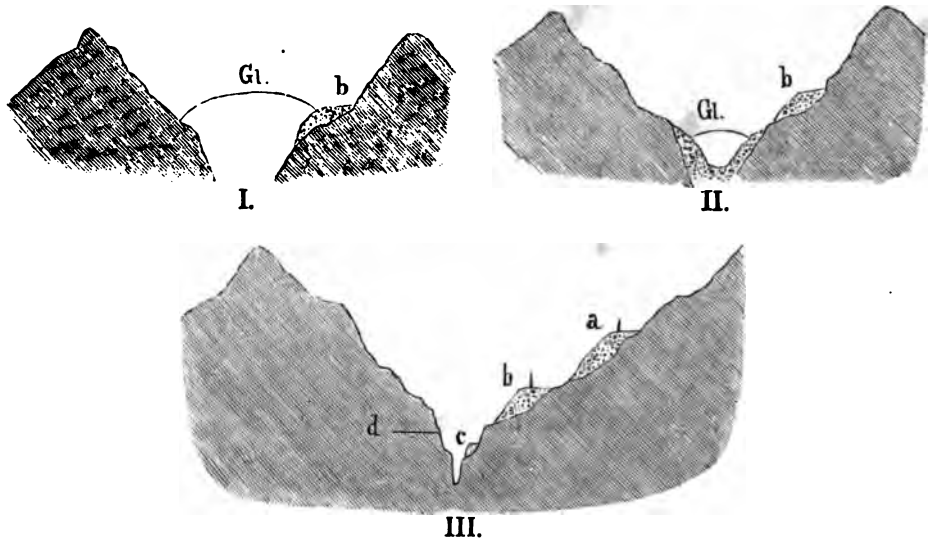
hier hört die Analogie auf. Bedretto liegt zu direct im Streichen des Gebirges, ist zu alt, seine Thalwände zu abgenutzt, als dass es noch Riegel zu Bildung eines neuen Thalkessels liefern könnte.

Dafür hält aber die Analogie in einer andern Richtung Stand. Steigt man von Altanca nach Val Piora auf, dessen Ausfluss in einem ziemlich spitzen Winkel das Streichen des Gesteines schneidet, so liegen hier die weitern Etappen der Thalbildung in schönster Weise vor Augen in Form einer Succession von Seen, Lago Ritom (1829 M.), Lago Tom (2023), Lago Cadagno (1921) und so fort, welche sich stufenweise, jeder in besonderm Becken, bis an die höchsten Kämme des Gebirges nach dem Pizzo Taneda (2670) und Pizzo dell' Uomo (2750) hinaufziehen.[1]) Hier sind wir denn wieder an den Kindesstadien des grossen Thales, von dem die Rede ist, angelangt, und ein evidenterer Beleg, dass Wasser allein in diesem grossen Processe wirksam war, kann kaum gefunden werden als an dieser Stelle. Lawinenzüge fehlen hier; die Riegel werden gebildet durch die bekannten granatführenden Schiefer; die See'n liegen in leicht zerstörbarem, Rauchwacke ähnlichem, doch von Glimmer durchsetztem Dolomit oder gar in Gyps. Und wie jung diese Seen sind, erhellt daraus, dass der Ausfluss von Lago Ritom an der Terrasse von Altanca noch wenig zerstört hat, dass vielmehr der 2—300′ tiefe verticale Einschnitt des Tessins von Piora, vertical auf das Streichen seiner Sohle, erst seit der Terrasse von Altanca begann. Ihre Geburt fällt also in eine spätere Periode, als die Bildung des mit letzterer gleichwerthigen Thalbodens von Bedretto. Allein ihr Lebensende scheint in der Nähe zu liegen. Der Schnitt des Piorabaches, der den Lago Ritom und mit ihm die weiter zurückliegenden Becken drainiren wird, ist nicht mehr als einige hundert Fuss vom Ausfluss des See's entfernt.

Die folgenden Profile, die den verschiedenen Portionen des heutigen Thales, nur mit Beifügung der jetzt fehlenden Gletscher, entnommen sind, stellen die Etappen seiner Geschichte dar. Sie passen also auch alle drei für jede einzelne Stelle, indem III durch die Phasen I und II bereits hindurchgegangen ist, während für I die Phasen II und III erst bevorstehen.

---

[1]) Hier kommt selbst der ausserordentliche Fall vor, dass die letzten Becken an der Wurzel des Gebirges über den Grenzkamm hinüberwirken und höher gelegene Seen jenseits des Kammes drainiren. So ist durch Erniedrigung des Grates zwischen P. Taneda und Cerandoni ein See, der in 2359 M. Höhe und bereits im Gebiet von Val Cadlimo oder im Quellgebiet des Mittelrheines liegt, in das Drainirungsgebiet des Tessin hineingezogen worden. Der genannte See schickt seinen Anfluss über eine in 2359 M. Höhe liegende Wasserscheide zwischen Rhein und Tessin, zwischen Zuflüssen von Nordsee und Mittelmeer in den See Cadagno in Val Piora; und weitere Verwitterung der hohen Grenzscheide zwischen den Thälern Val Cadlimo und Piora könnte leichtlich auch den in 2453 M. Höhe nördlich von Piz Taneda liegenden Lago Scuro nach den drei auf der Südseite desselben aufgestaffelten Seen, Lago Taneda, Lago Tom, Lago Ritom hinüberführen.



I. (Bedretto.) II. (Piotta.) III. (Faido.) a. Terrasse von Molare, 1500 M. b. Terrasse von Altanca (hier Osco, 1160 M.) c. Beginn einer neuen Terrasse. d. untere Gletschergrenze. Gl. einstiger Gletscher.

Aus dem Défilé von Chironico tritt man in das regelmässige Thal des Tessin, wo Ausnagung nicht mehr, nur noch Auftragung stattfindet. Es ist von Interesse, gerade hier an dieser letzten starken Thalstufe schöne Spuren von der Weise anzutreffen, wie rasch der Fluss einsägt. Tief ausgewaschene und glattgeschliffene Becken, unverkennbare Spuren der einstigen Lage des Flusses und leicht von Gletscherpolitur zu unterscheiden, die convexe Stellen stärker glättet, während Wasser concave, liegen bei der zweiten Brücke, welche die alte Strasse hier über den Tessin führte, wohl 150 Fuss über dem jetzigen Flussbett. Eine ähnliche Stelle findet sich im Reussthal über dem Dörfchen Göschenen.

Auch in der Riviera tritt die horizontale Absonderung des immer noch in sehr steilen Tafeln aufgerichteten granitischen Gesteins deutlich zu Tage und erzeugt wieder mit Hülfe der andern Spaltungsrichtungen cubische Blöcke, die in ungeheuren Grössen die Abhänge so weit das Auge reicht bedecken; die Regenfluthen des vergangenen Herbstes haben einen guten Theil derselben ins Thal gebracht und ohne Zweifel ebenso viele neu zugerüstet, um bei dem nächsten Anlass dieselbe Reise anzutreten. Auch grobschalige Structur, und zwar vornehmlich an den von der Gletscherwirkung zurückgelassenen Buckeln, deren Oberfläche folgend, als ob Erfolg von Druck, ist hier häufig zu beobachten. An imponirenden Ueberresten von Gletscherthätigkeit übertrifft überhaupt die gesammte Riviera selbst das Reussthal, und für die früher bemerkten einzelnen Charakterzüge, wie polirte Thürpfosten der Thäler und so fort, bieten z. B. die Thalausgänge bei Osogna, Cresciano grossartigere Beispiele als selbst Wasen und Göschenen. Die Ausgänge der Thäler von Lodrino und Moleno können in Bezug auf

Reichthum an Lehren über den Erfolg von Gletscherwirkung und über die Abschätzung der Thätigkeit von flüssigem und von festem Wasser den dafür berühmtesten Stellen des nördlichen Alpenabhangs, wie dem Thalausgang von Oberhasle, von Engstlen, den gleichwerthigen Stellen im Rhônethal kühnlich an die Seite gestellt werden, und dass hier Kastanien statt der Coniferen die Gewandung dieser riesigen Ruinen liefern, vermindert den Reiz des Studiums nicht. Sogar viel weiter hinab, bei Arbedo, bei Giubiasco, am M. Cenere, um das heutzutage cypressenreiche Locarno, sowie unter den Orangenbäumen von Brissago sind ergiebige Studien über Gletscherwirkung Jedem zugänglich.

Zusammenfassung.

Die Schilderung der Thäler der Reuss und des Tessin von den Punkten an, wo sie als Sohlen offener Ströme ihre Individualität verlieren, bis in die obersten und jüngsten Schluchten hinauf, wo das grossartige Bild zusammenschmilzt auf die Beziehungen zwischen den einzelnen Cristallen des Gesteins und den einzelnen Wasserfädchen, welche der selten ganz weichende Schnee, oder wenn dieser weicht, die nie fehlende Feuchtigkeit der Atmosphäre darüber giesst, hat uns Gelegenheit geboten, eine grosse Menge von Thatsachen allmählig dem Leser vorzuführen. Von Zeit zu Zeit, wo sich der Anlass bot, war ich bemüht, dieselben durch eingeschobene Résümirungen zu sammeln und so den Leser einzuladen, alle die Schlussfäden, die aus den einzelnen Thatsachen quillen, zu einem immer breitern und daher kräftigeren Gedankenfluss zu vereinigen. Es wird daher nicht zu frühe sein, wenn ich endlich versuche, durch Einführung eines letzten und grössten Factors, der bisher zwar vielfach angedeutet, doch in seinen Wirkungen noch nicht erörtet worden ist, die Elemente der Thalbildung, welche auf dem in Rede stehenden geographischen Gebiet zusammenwirken, in einem Gesammtbild zusammenzufassen. Dieser letzte Factor ist die geographische Lage, die wiederum individualisirend auf Thalbildung verschiedener Länder einwirkt. In unseren Alpen wirkt sie vornehmlich in zwei Richtungen: einmal nach Breite und Höhe, von welchen sowohl die Temperatur des Jahres, als auch die tiefer eingreifenden Temperaturen einzelner Jahreszeiten abhängen; zweitens nach geographischer Länge und den davon bedingten Beziehungen unseres Gebietes zu nahen und fernen Meeren, die ihm atmosphärisches Wasser zuführen, und zu nahem oder fernem Festland, das ihm atmosphärisches Wasser entzieht. Die Factoren der Thalbildung, so weit sie in dem Wechsel der Zustände der Atmosphäre liegen, im Wechsel von Frost und Hitze, im Wechsel von Menge, Periodicität und Aggregatsform der Niederschläge, als Nebel, Regen, Schnee, werden für jeden Ort und für jede Zeit Ausflüsse sehr allgemeiner Verhältnisse sein und also durch jede Veränderung derselben abgeändert werden.

Es kann nicht in meiner Absicht liegen, diese grossen Momente, das einfache Ergebniss der Continuität zwischen dem festen Theil und den zwei flüssigen Hüllen unseres Erdkörpers, hier im Speciellen zu verfolgen. Ich begnüge mich, sie in ihren wichtigsten und bekanntesten Folgewirkungen anzudeuten. Für unser Alpengebiet und für die uns beschäftigende Frage bestehen sie hauptsächlich in der ungleichen Vertheilung der Arbeit des Wassers, die sich in folgende Regionen theilen lässt:

1. Region des ewigen Schnee's und Eises. Da die Wirkung von bleibendem Schnee und Eis auf die Unterlage sich auf Glättung derselben durch langsame Bewegung an geneigten Flächen beschränkt, so können wir diese Region im Vergleich mit den folgenden ohne grossen Irrthum als die Region der Ruhe und des Stillstands der Thalbildung bezeichnen.
2. Obere und untere Schneegrenze mit periodischer, meist äusserst rascher Schmelzung; sie wirkt durch intensive periodische Durchfeuchtung der Unterlage und gleichzeitig, da beide Schneegrenzen grösstentheils an den Stellen steilster Neigung liegen, durch periodische Lieferung grosser Wassermassen auf starkem Gefäll. Dies ist also die Region der stärksten Arbeit und der stärksten Zerstörung der Unterlage, die Region, in welcher die Abfuhr über die Auftragung überwiegt, die Region der Kesselbildung, der Thalhintergründe, der stärksten Abhänge.
3. Die Region mit Winter- und Sommerregen oder mit gleichförmigerer Vertheilung des Wasserabflusses. Wir können sie passend in zwei weitere Abschnitte theilen, nemlich

   Erstlich: die Thalabhänge, auf welchen der Wasserabfluss nicht mehr in so kleinen und zahlreichen Rinnen geschieht wie in der vorherigen Region; das hier vorwiegende mechanische Moment besteht daher in Concentration der Wasserkraft auf einzelne um so stärker angegriffene Linien, während sie in dem vorigen Abschnitt wie ein kleinmaschiges Netz über die Oberfläche vertheilt war. Auftragung und Abfuhr halten sich hier nahezu das Gleichgewicht; es ist die Region der gleichförmig gewordenen Abhänge, der erwachsenen Thäler, nach Surell's Terminologie für einzelne Torrents der Canal d'Ecoulement, während 1 und 2 sein Bassin de Réception repräsentiren.

   Zweitens: die Niederungen, in welchen das Wasser durch vermindertes Gefäll einen guten Theil seiner Kraft eingebüsst hat und nur noch ausreicht, die aus den oberen Regionen stammenden Materialien mehr oder weniger langsam bis dahin zu schieben, wo die Ablagerung für die jeweilige Epoche zu relativer Ruhe kömmt. Die Region der Terrassen, der erlöschenden Thäler, der Cônes de Déjection von Surell.

Es wird überflüssig sein, noch besonders aufmerksam zu machen, dass diese Regionen,

da ja Form jeweilen nur Ausdruck von Zeit ist, auch Epochen darstellen können, und dass also ein Gebirge schliesslich durch alle diese Epochen durchgehen, eine besondere Stelle successiv in alle diese Regionen fallen kann, bevor völlige Abflachung, bleibendes Gleichgewicht eintritt. Ebenso leuchtet ein, dass der gesammte Process je nach den besondern Verhältnissen von Ort und Zeit entweder rasch oder langsam oder mit Perioden verschiedener Schnelligkeit verlaufen kann. Jedes Thal kann also nach Umständen, die von der jeweiligen Beschaffenheit seines Gesteins, seines Reliefs, seiner Wassermenge und seines Climas abhängen werden, in seiner Entwicklung still gestellt werden, bis der Process wieder durch andere Beschaffenheit dieser Factoren neu angefacht wird. Beispiele von solchen stabilen Thälern boten uns oben das Thal von Andermatt, das erst durch das Tiefersägen der Reuss beim Urnerloch wieder in Fluss gerathen wird; Beispiele von alten Bergen der Nordabhang des Gotthardpasses, den auch die Tieferlegung von Andermatt wieder beleben wird. Allein weit grössere Epochen von Stillstand waren genugsam angedeutet in den zahlreichen alten Thalböden und Terrassen, welche alle zur Zeit ausgedehnte Eismassen trugen. Auch die jetzige Epoche so energischer Arbeit, fast in dem ganzen Umfang des besprochenen Gebietes, würde durch eine neue Gletscherperiode in eine neue Epoche des Stillstands übergeführt werden.

Der Process der Thalbildung, sofern er durch Wasserwirkung zu Stande kömmt, zerfällt hienach in einen permanenten Theil, der niemals ruht, so lange Relief und Wasser da ist, und in die zahlreichen Abschnitte, wo modificirende Agentien die Arbeit nach ihrer Art und Zeit in mannigfachster Weise individualisiren. Er beginnt unter allen Umständen jeweilen am Fusse des Gebirges, und die Thäler, so weit sie ein Product des Wassers sind, wachsen also von hier rückwärts nach dem Centrum. Wo das Gebirge in Regionen hinaufragt, wo die Menge, die Vertheilung, die Form der Niederschläge sowie der Grad und die Vertheilung der Temperatur verschieden sind, dehnen sich folglich die Thäler mit der Zeit über Strecken aus, wo diese modificirenden Factoren sehr verschieden ausfallen werden, und ebenso macht es die meist geringe Gleichförmigkeit von Schichtenfolgen wahrscheinlich, dass das Thal mit der Zeit in verticalem oder in horizontalem Sinne auf Gestein von verschiedenem mechanischem oder chemischem Widerstand stossen wird. Dieser Fall tritt am sichersten und ausgedehntesten da ein, wo das Thal die Schichtenfolgen mehr oder weniger vertical durchsetzt, also in Thälern, welche quer durch geneigte oder verticale Schichten fortschreiten, wie dies in Folge der Fächerstructur des Gotthard an dessen Nord- und Südabhang der Fall ist.

Alle diese Verhältnisse können jedem Punkt des Thales ein individuelles Gepräge geben, weil sie für jeden Ort die mechanischen Momente verändern. Im Grossen wird ein solches Thal, wenn es bis in die Zone des ewigen Schnees gelangt ist, in drei Etappen von verschiedener Energie der Arbeit zerfallen: relative Ruhe oder Minimum der Arbeit unter bleibender Schnee- und Eisdecke; Maximum der Arbeit, wenn auch nur in bestimmten Jahreszeiten, an

den beiden, vornehmlich aber an der untern Grenze der Schneebedeckung; Concentrirung der Arbeit meist während des ganzen Jahres auf einzelne Bach- und Flussrinnen unterhalb der Schneeregion; positive Arbeit, nicht Ausräumen, sondern Ausfüllen der Thalbildung, Auslöschen desselben in den Niederungen. Je nach den grossen Epochen climatischer Veränderung können auch die untere sowie die mittlere Stufe des Thales sich einst unter den heutigen Verhältnissen der oberen Portionen desselben befunden haben. Jeder Theil des Thales kann daher einst in die Zone stärkster Arbeit gefallen sein, wodurch der gesammte Process der Thalbildung bedeutend beschleunigt werden musste. Für die zwei hier in Rede stehenden Thäler ist durch den Nachweis wiederholter Gletscherbedeckung in dem grössten Theil ihrer Ausdehnung der Beleg geleistet, dass dieser Fall eintraf.

Die Stelle der grössten Arbeit ist jeweilen bezeichnet durch Beckenbildung und unter Umständen Seebildung, welche also, so lange das Relief des Gebirges ausreicht, immer mehr an die Wurzel des Gebirges ansteigt. Becken- und Seebildung kann mithin in verschiedenen Perioden der Geschichte des Thales an allen Stellen desselben stattgefunden haben, und für das Thal der Reuss und des Tessin muss dies eingetreten sein; sowie auch Terrassenbildung, die den untern Theilen der Thäler angehört, stets tiefer in das Herz des Gebirges eindringt. Allein die ältern oder tiefern Becken erlöschen oder werden ganz entfernt oder auch nur zugedeckt und so wenigstens ihre Basis (nicht immer aber ihre Wand) dem Blick entzogen, je weiter die Ausbildung des Thales fortschreitet. Auch das Erlöschen der Becken schreitet also von dem Fuss des Gebirges nach seinem Centrum vorwärts. Da das Gebirge durch die Thalbildung an Volum immer mehr verliert, so ist wahrscheinlich, dass die jeweilige Arbeit und das Object, woran sie sich erging, um so mächtiger war, als sie in eine frühere Epoche fällt. Die ältesten Becken oder Seen werden daher vermuthlich jeweilen grösser gewesen sein als diejenigen, die ihnen nachfolgen. Durch die Verminderung des Volums des Gebirges, sowohl Auflösung in einzelne Kämme und Gipfel, als durch Verminderung der Höhe sinkt das Gebirge wieder in gleichförmigere Einflüsse des Clima's zurück und wird sein völliges Verschwinden verlangsamt oder bis auf einen gewissen Grad stillgestellt. Stabil gewordene Gebirge und Thäler können durch Veränderungen des Clima, welche ihr Eintreffen local sehr entfernten Veränderungen der Erdoberfläche verdanken können, wieder in eine neue Periode der Arbeit versetzt werden.

Eine Anwendung dieser allgemeinen Sätze auf specielle Fälle würde ins Unendliche führen. Doch will ich noch einige Gesichtspunkte, die auf den Boden, auf welchem wir uns ergehen, etwas nähere Beziehung finden, herausheben.

Horizontal gelagertes Gestein erschwert die Wirkung des Wassers, weil der Factor der Schwere auf kleine Stellen isolirt wird; horizontale Bänke fallen nicht, sondern bröckeln blos am Rand ab und können schliesslich mauer- oder thurmähnliche Ruinen übrig lassen, deren

Bildung indess verlangsamt wird durch Zudeckung der Bruchflächen mit Schutthalden. Steil geneigte oder verticale Schichten beschleunigen die Zerstörung nicht nur dadurch, dass das Gewicht an der Arbeit Theil nimmt (mögen die Schichten dem Abhang parallel oder entgegen fallen, da im erstern Fall doch durch Zerklüftung Raum zum Fallen geboten werden wird), sondern auch weil die Durchfeuchtung des Gesteins hier rascher vor sich gehen und tiefer dringen wird. Die chemische und mechanische Zusammensetzung des Gesteins (Schieferung etc.) kann die Durchfeuchtung bis auf hohe Grade beschleunigen. Ungleiche Resistenz, eine Kalkbank, die durch Schiefermassen zieht, ein Granitgang, der Gneis durchsetzt, wird Querthäler dann rasch in Abschnitte ungleichen Erfolges der Arbeit setzen und hinter den stärkern Riffen zur Beckenbildung führen. Gleichmässiger Widerstand des Gesteins, aber auch Gleichgewicht zwischen Erosion und Abführen wird Becken- und Seebildung hemmen. Concentration der Schuttbildung auf beschränkte Stellen und Ueberschuss derselben über Export (Lawinenzüge, Morainen) werden neben Anwesenheit fester Gesteinsriegel die Beckenbildung am meisten begünstigen. In dem Hintergrund der Thäler erfolgt die Dislocirung des Schuttes von der Stelle seiner Bildung bis zu dem nächsten Ruhepunkt meist sehr rasch und ohne Schichtung; in den Niederungen so langsam, dass Zeit gegeben ist zur Sichtung und meist auch zur Schichtung. Becken, See'n und ungeordnete Schuttmassen bezeichnen daher in der Regel den Anfangspunkt und jeweiligen Hintergrund, Terrassen den Endpunkt des Thales, wobei der Raum zwischen beiden Portionen sehr verschieden lang, unter Umständen auf einen Punkt zusammenschmelzen kann. Doch dehnt sich das Gebiet der Ausebnung der Thalsohlen immer weiter — und von dem Moment an, wo das Thal an seinem Endpunkt am Grenzkamm oder im Centrum des Gebirges angelangt ist, auf Kosten der übrigen Abschnitte nach hinten aus. Die in unsern Gebirgen auch während der heissesten Zeit des Sommers nie fehlende Durchfeuchtung des Bodens durch Thau und Nebel, die ihr Maximum im Herbst, vor Eintritt des Frostes erreicht, wird wohl in der Lockerung des Gesteins eine bedeutendere Rolle spielen als die gesammte Regenmenge des Sommers. In Gebirgen, welche in die Schneeregion hinaufreichen, werden See'n an den Pforten des ewigen Schnees am ehesten entstehen; auch ist es leicht denkbar, dass erloschene Seebecken in den untern Theilen solcher Thäler uns die Stelle früherer Schneegrenzen im Thal andeuten, indem bei Erhöhung der mittlern Temperatur oder bei Verlegung der Schneegrenze in ein höheres Niveau auch das Gebiet der Seebildung nach hinten verschoben, bei Erniedrigung des Clima's und Vorwärtsschreiten der Schneezone früher thätige Theile des Thales stille gestellt und das Maximum der Arbeit wieder nach vorn verlegt wird. So könnte Seebildung möglicherweise an einer und derselben Thalstelle zu wiederholten Malen auftreten, sofern die Abhänge noch Material genug besitzen, um zum zweiten Mal Riegel für den Fluss zu liefern. Sollte der See von Uri eine Arbeit der Reuss sein, so ist er jedenfalls älter als etwa der See von Lucendro und könnte einer Epoche angehören, wo die climatischen Verhältnisse des letztern

sich dort aussen befanden. Ebenso könnte eine neue Vergletscherung des Rheingebietes in den Gebirgen von Appenzell und Vorarlberg eine Epoche neuer Zerstörung veranlassen. In gleicher Weise müsste Veränderung des Clima's oder Verschiebung der Schneegrenze Verschiebungen des Bezirks von Ausebnung der Thäler zur Folge haben. Erhöhung der Temperatur wird die Terrassenbildung weiter in's Thal hineinlocken, Vorschreiten der Schneegrenze wird die Terrassenbildung aus den Thälern wieder hinausschrecken. Auch der Ort stärkster ruhender Schuttablagerung kann also unter Umständen Schlüsse auf die Zeit derselben erlauben. Dass solche Schwankungen in unsern Alpen vorkamen, wird daher nicht etwa nur durch Gletscherspuren ausserhalb jetzigen Gletschergebietes bewiesen, sondern auch durch Beckenspuren und Seespuren ausserhalb heutigen Beckengebietes oder durch Terrassenspuren ausserhalb heutigen Terrassengebietes.[1])

Bei dieser Zusammenstellung der Phasen der Sculpturbildung an Gebirgen sind zwei Factoren ausser Acht gelassen worden: die Einwirkung der Vegetation und diejenige von Dislocationen, sei es Hebung oder Senkung. Es fällt mir schwer, einen Abschnitt über die Wirkung der Vegetation zu unterdrücken; nicht nur hätte ein solcher, da er die ersten unbestreitbar mit dem Titel Leben benennbaren Symptome in diese Geschichte einführen würde, eine grosse Anziehungskraft, sondern er wäre auch bei einem Gang über einen Hauptpass der Alpen in das Gebiet der Oliven und Cypressen voll eigenthümlicher Reize.

Dislocationen, sowohl Hebungen als Senkungen, können nur wirken durch Veränderung des Clima's, und zweitens durch Veränderung der Fallrichtung oder also des Widerstandes der Schichten und der Kraft des Wassers. Nirgends wäre aber das Betreten eines solchen Ge-

---

[1]) Die östliche Drainirungsrinne des Gotthard, das Thal des Vorderrheins ist in dieser Beziehung nicht minder lehrreich als das von Uri und von Tessin. Der ganze Hintergrund des Thales bis über Disentis hinaus ist ausgefüllt von Geschiebterrassen, welche den einzelnen Zuflussthälern, Val Giuf, Val Milar, Val Strim etc. angehören; es sind dies nicht einfache Schuttkegel, sondern sorgfältig verarbeitete Terrassen, die mit ausserordentlich regelmässigem Niveau ziemlich steil dem Hauptrinnsal, dem Rhein zufallen, man möchte sagen cônes de déjection remaniés. Sie weisen also auf eine Zeit von regelmässiger Verarbeitung der Schuttmassen hin, und dass diese Periode lange dauerte, wird durch den Umstand belegt, dass alle Dörfer auf dieser Terrasse angelegt sind. Jetzt ist dies anders geworden; der Export überwiegt wieder den Import, die Ströme der genannten Thäler haben in diese Terrassen tiefe Furchen gegraben, die alle Jahre weiter werden; unten frisst sie der Rhein ebenfalls in immer breiterem Umfang an, so dass die Einwohner an vielen Orten ihre Häuser zurücksetzen mussten. Die Herbringung dieser Schuttmassen, ihre Verarbeitung zu Terrassen und die jetzt beginnende Wegräumung der letztern bezeichnen also drei Perioden sehr ungleicher Arbeit, die wohl am ehesten von kleinen Verschiebungen der Schneegrenze oder Veränderung von Regen und Schneefall herrühren werden. Auch das Angreifen von ganz neuen Portionen von Gebirge, von verschiedener Zerstörbarkeit könnte dabei mitgewirkt haben; doch macht gerade hier die Composition des Gebirges dies nicht wahrscheinlich. Immerhin darf man auch nicht vergessen, dass einst alle diese Berge um all den Schutt der Thäler höher waren und um so viel weiter in die Atmosphäre hinaufragten; auch die Erniedrigung derselben muss also in Form von Schüben und relativen Ruheperioden erfolgt sein, für deren Erklärung wohl die Verhältnisse innerhalb einiger Quadratstunden Landes kaum ausreichen werden.

bietes gefährlicher als hier, wo trotz der verticalen Stellung der heute erkennbaren Bausteine, welche gerade dieses Gebirge zum exquisiten Typus grossartigster Dislocationen gemacht haben, die Frage, was als ursprüngliches, was als nachträglich entstandenes Gefüge zu betrachten sei, eine offene ist.[1])

Andererseits scheint sich mir aber das Stück Geschichte, das ich zu entwerfen suchte, trotz der nach unserm Lebensmaassstab unabsehbaren Perspective, welche sie eröffnet, nicht nothwendig in noch weitere Vergangenheiten ergehen zu müssen. Was ich schilderte, sind allerdings Furchen, ähnlich jenen, welche auf unserem Antlitz nur Erfahrungen nachfolgen. Allein wer nennt den Schmerz, welcher zuerst begann — oder wer will die Zeit bezeichnen, da Leidenschaft nachhaltiger anhub, auf der Wange des Kindes die Falten des Mannesalters vorzuzeichnen? Oder wer wollte sagen, wann inneres Feuer auf der Oberfläche des jungen Gotthard die erste Falte warf, oder sich erinnern, in welcher Zeit die ersten Wasserrinnen über seine Wange rieselten?

2. Längsthäler.

Die einlässliche Besprechung der Querthäler und der Gang durch das Längsthal von Göschenen ersparen einen gleich ausführlichen Abschnitt über Längsthäler. Die andere Grundlage erklärt die anderen Verhältnisse zum guten Theile und es wurde schon früher bemerkt, dass Längsthäler in noch ausschliesslicherem Grade als Querthäler nur in Gebieten möglich sind, die lineare Dislocationen erlitten haben. Von ihren verschiedenen Formen sind nur die synclinalen ohne alle Verletzung der Schichten denkbar, während eine solche bei den isoclinalen und anticlinalen wesentlich ist. Der Beginn des Schichtenbruches kann bei ächten anticlinalen Thälern fast unter keinen Umständen, bei isoclinalen Thälern oft nur theilweis vom Wasser abgeleitet werden. Bei synclinalen kann sich Wasserwirkung gewissermaassen indifferent verhalten; man hat daher diese mit Vorliebe Senkungsthäler, die anticlinalen Hebungsthäler genannt; doch würden letztere wohl besser nebst den isoclinalen in eine Rubrik von Bruchthälern zusammenfallen, zu welchen man dann auch die meisten Faillen rechnen könnte.

Als solennes Beispiel für alle diese Thalformen gilt seit langer Zeit der schweizerische Jura, der allerdings auf grossen Strecken Thäler enthält, wo der Wasserwirkung nur eine secundäre Rolle zukommt; so wenigstens seine Längsthäler und, falls solche vorkommen,

[1]) B. Studer. Geologie der Schweiz I, p. 228 u. f. A. Müller. Ueber d. crystallin. Gesteine der Umgebungen des Maderanerthales. Verhandl. d. naturf. Ges. in Basel. 1866. P. 390 u. f. 561 etc.

die ächten Clusen, während die Combes, die Ruz und diejenigen Clusen, welche sich von dem Zusammentreffen zweier Ruz auf der Kammlinie des Gebirges sollten ableiten lassen, der Wasserwirkung wohl mehr Spielraum gewähren, als man ihr oft einräumt.[1]) Wenigstens wird das Wasser an der Vergrösserung solcher Risse stets den Hauptantheil gehabt haben, wobei fortdauernde Hebung allerdings seine Kraft bedeutend vermehrt haben müsste. Allein es ist klar, dass blosse atmosphärische Zerklüftung, sei es im Sinn — sei es ausserhalb des Streichens auch den Anstoss zu Comben und Ruz durch ausschliessliche Wasserwirkung geben kann. Die verschiedene Resistenz des Gesteines wird bei all diesen Bildungen, Mulden nicht ausgenommen, eine sehr grosse Rolle spielen.

Reine Querthäler in der Art, wie sie die Alpen so häufig darbieten, sind im Jura selten und gutentheils auf seinen Nordabhang beschränkt; doch ist es lehrreich, dass sie am reichlichsten da vorkommen, wo der Jura in seinem Kettentheil die stärksten und vermuthlich die zahlreichsten Dislocationen, und wohl reichlicher im Sinn von Senkungen als von Hebungen erfahren hat, nämlich auf der Strecke, wo einerseits das Molassethal am tiefsten, andererseits der gutentheils ältere Schwarzwald ihm gegenüber liegt, d. h. im Gebiet der Cantone Baselland und Aargau. Da in dieser Erstreckung das Streichen des Jura demjenigen der Alpen ziemlich parallel ist, so ist es auch erklärlich, dass die Querthäler des ersteren in der gleichen Richtung liegen, wie die Flussrinnen, die das Wasser aus dem Dislocationsgebiet der Alpen quer durch das Tertiärthal hindurchführen, und dass in einigen Fällen diese Flüsse dann in gleicher Richtung sogar jurassisches Gebiet durchsetzen, wie die Aare zwischen Aarburg und Olten, ferner von Wildegg bis Schinznach und von Brugg bis Coblenz, die Reuss von Mülligen bis Windisch, die Limmat bei Baden, und in umgekehrter Richtung auf kleinen Strecken vielleicht sogar der Rhein.

Wichtiger als der Détail der Längsthäler, der in Bezug auf Wirkung der geographischen Lage und Widerstand des Gesteines diejenigen Analogien mit Querthälern bieten wird, welche das veränderte Verhältniss zwischen Wasserlauf und Streichen gestattet, ist für unsern Zweck die Beziehung zwischen Quer- und Längsthälern.

Hier scheinen mir folgende Gesichtspunkte besondere Beachtung zu verdienen: Lineare Dislocationen werden von vornherein, wenn wir uns von ihnen kein zu stürmisches Bild machen, wohl allgemein früher Längsthäler bilden als Querrisse veranlassen. Atmosphärische Niederschläge werden daher in solchen Dislocationsgebieten früher Längsrinnen vorfinden als Querrinnen, und die erstern müssten insofern theoretisch als älter bezeichnet werden als die letzten. Allein mit der Erhebung von Land werden geneigte Flächen erzeugt, die sofort Drainirung im Sinn der steilsten Neigung nach sich ziehen, und wenigstens auf Bruchflächen mit gegen den

[1]) Aug. Jaccard. Déscription du Jura vaudois et neuchâtelois. 1869. P. 277.

Tag ansteigenden Schichten wird dann die mechanische Wirkung des Wassers aus vielen Gründen weit grösser sein als in den schon vorhandenen Längsfurchen. Die Bildung der Querthäler wird unter solchen Umständen der Vertiefung der Längsthäler vorauseilen und Querthäler werden daher häufiger in den Fall kommen, als Drainirungscanäle für Längsthäler zu dienen, als umgekehrt.[1])

Für die Beurtheilung dieses Verhältnisses, dessen Verfolgung im Einzelnen ausserordentlich weit führen würde, mögen nur wenige Fälle besprochen werden, welche mir geeignet scheinen, vom Kleinen zum Grossen aufsteigend das Vorhandensein eines grossen Gesetzes darzuthun.

Zum Détailstudium auf höchst charakteristischem Boden mag sich nicht leicht ein passenderer Ort finden, als die Schlucht der Schöllenen; das höchst entschiedene Streichen des steil aufgerichteten Gesteins quer durch die Schlucht macht hier zwischen Querthälern und Längsthälern einen unzweideutigen Unterschied, und man sollte glauben, dass in den tausend Runsen, wo das Wasser genau im Streichen des Gesteins und auf den blättrigen Schichtköpfen arbeitet, es viel rascher Längsthäler einsägen würde als ein Querthal. Nichtsdestoweniger ist dies nicht der Fall. Solcher Runsen, oft nur durch schmale Rücken von einander getrennt, existiren allerdings sehr viele, und die Wassermenge, die sie führen, ist im Verhältniss zu der Rinne oft nicht geringer als die Wassermenge der Reuss im Vergleich zu ihrem Rinnsal. Dennoch verschwinden jene an Volum im Vergleich mit der Reussschlucht und sie vermögen sich selten bis zur Flusssohle hinabzuarbeiten; die Reuss sägt rascher und die Seitenwasser stürzen fast alle in Wasserfällen in den Hauptfluss. Man kann dabei nicht einwenden, dass die Reussschlucht aus viel älterer Zeit datire. Das Beispiel ist auch in dieser Beziehung zutreffend, indem offenbar die Reussschlucht von hintenher keine Kraft empfing, so lange das Wasser auf der früher beschriebenen Fortsetzung des Thalbodens von Andermatt abfloss. Vielmehr liegt in den

---

[1]) Beete Juckes (On the Mode of Formation of some of the River-Valleys in the South of Ireland. Quart. Journ. 1862. S. auch Address to the Geological Section of the British Association, Cambridge 1862) hat hierüber aus Irland vortreffliche Beispiele gegeben, die um so lehrreicher sind, als sie sich auf Gebiete beziehen, wo complicirende Neben- und Nachwirkungen viel spärlicher sind und der Beginn und Verlauf des Processes viel leichter überblickt werden kann, als in den meisten Theilen der Alpen. Dennoch ist es unmöglich, sie nicht auf die Alpen anzuwenden und Juckes hat daher selbst schon eines der auffälligsten Beispiele, das sich allerdings Jedermann aufdrängen musste, der derartigen Fragen nachging, aus der Schweiz angeführt. Nur haben ihn die Verhältnisse in Irland wohl zu rasch zu der Vermuthung geführt, dass in Bergketten von vornherein die Seitenthäler zuerst sich bildeten, während die Längsthäler erst später durch atmosphärische Wirkung auf die leichter zerstörbaren Gesteine entstanden seien, welche längs den Ketten laufen. Obschon der letztere Umstand allerdings in den Alpen äusserst häufig auftritt, wenn man sich an die Schiefer erinnert, welche unter verschiedenen Namen so manche der grössten Längsthäler füllen, so ist er doch nicht allgemein.

früher mitgetheilten Thatsachen ein Beleg, dass das Gegentheil stattfand, indem die Fortsetzung der Terrasse von Andermatt ins Reussthal hinaus zeigt, dass die Abhänge über der Schöllenen schon da waren, bevor der jetzige Querschnitt begann.

Von dem Umstand, dass auch auf viel grösserem Maassstab eigentliche Längsthäler, wie Göschenen, Rienthal, Meyenthal etc. in verschieden grosser Höhe über dem Reussthal zurückbleiben, war früher die Rede. In der Riviera des Tessin gelangen die Flüsse der im Streichen des Gebirgs liegenden Seitenthäler, wie von Lodrino, Moleno etc. allerdings ohne so grossen Absturz in das Hauptthal; die colossale Tiefe des Lago Maggiore macht es indess von vornherein wahrscheinlich, dass die Schuttauffüllung schon in der Riviera weit beträchtlichere Höhe besitze, als irgendwo im Reussthal, wo sie erst von Amsteg an beginnt. Auch mag die von den Verhältnissen in der obern Leventina und in Uri hier so vielfach abweichende Structur des Gebirges [1]) an der eigenthümlichen Gestaltung dieser Seitenthäler einen namhaften Einfluss haben. Kesselbildung ist hier stark ausgeprägt und die Flüsse bohren sich in tiefen Zickzackschluchten, wie man sie in Thalausgängen, die in wenig geneigte Kalkbänke gelegt sind, zu sehen gewohnt ist, ins Hauptthal.

Auffallender treten die Beziehungen zwischen Längs- und Querfurchen an den Tag in der Physiognomie der Landschaft von Bellinzona, wo das Gestein wieder steil gestellt von Ost nach West streicht, bis in den Lago Maggiore hinaus. Wer für Bergformen ein aufmerksames Auge hat, den muss die grosse Gleichförmigkeit der Sculptur aller Gipfel auf dieser grossen Strecke überraschen. Immer und immer wieder dieselben Formen, hervorgebracht durch die Gleichförmigkeit des Gesteins, der Schichtung und des obigen Gesetzes, dass Querthäler die Längsthäler dominiren. Die beigefügte grössere Skizze passt auf jeden Gipfel des ganzen Thales; sowohl die mittlere, als die beiden seitlichen, jüngern Hauptrinnen (jünger nur im Verhältniss zur Hauptrinne, denn alle sind offenbar nur noch die seichten, fast erloschenen Reste eines früher viel markigeren, grösstentheils schon abgenutzten Reliefs) sind Querrinnen, die kleinen Seitensporne Längsrinnen.

Die kleinere Skizze, einem kleinen Seitenthal von Tavetsch entnommen, passt ebenso fast auf alle die Thäler, welche quer durch das Streichen des Bündnerschiefers dem Hintergrund des Vorderrheins von Süden her zufliessen. Die Eintragung des festern Kalkriffs verdeutlicht gleichzeitig den Einfluss solcher Riegel auf Becken- und Seebildung. Setzt man statt Schiefer und Kalk verschieden feste Gneisse, so passt sie auch auf unzählige Stellen des crystallinischen Gebirges.

---

[1]) S. B. Studer, Geologie d. Schweiz I, p. 231 u. f. Ueber das Streichen des Gesteins in diesen Gegenden s. die ältere Ausgabe der geolog. Karte d. Schweiz von Studer und Escher 1853, oder die reducirte Uebersichtskarte (1:760000) 1855, und im Grossen, die Skizze bei B. Studer, Physikal. Geographie II, p. 232.

Die grössern Dimensionen werden nun nicht mehr hindern zu begreifen, dass allerdings das von Beete Juckes gewählte Verhältniss zwischen den Thälern der Dranse und dem der Rhône durchaus in die gleiche Categorie gehört. [1])

Das Verhältniss zwischen den Thälern der Landquart und dem Thal des Vorderrheins hat zu viel Analoges, um sich nicht gleich aufzudrängen. Doch sind hier, wenigstens im weitern Verlauf des Rheines, von Chur abwärts so viel Complicationen damit verbunden, dass dieses merkwürdigste unserer Alpenthäler nicht blos vorübergehend genannt werden kann.

---

[1]) »Das Seitenthal der Dranse, welches direct vom Hauptkamm stammt, hatte sicher begonnen, bevor die Aushöhlung des longitudinalen obern Rhônethals begann, und das Wasser vom Hauptkamm hatte immer Kraft genug, das jetzige Seitenthal so tief zu legen, um das von West kommende Wasser abzulenken und mit sich zu nehmen. Denke man sich die Alpenthäler gefüllt, so dass die Kämme nur als Wellen aus der allgemeinen Oberfläche ragen; diese Anschwellung ist die Grenze der marinen Denudation. Die ersten Bäche werden quer den Abhang hinunterfliessen. Allmählig vergrössern und verästeln sich diese Bäche und beginnen Seitenrisse oder Längsthäler, welche grösser werden als das Stammthal, weil sie in weicherem Gestein verlaufen. Allein das Längsthal kann nicht tiefer werden, weil es eine Dependenz des Stammthales ist, und nur dieses tiefer aushöhlen hilft. So ist unterhalb der Verbindung von primitivem Quer- und secundärem Längsthal das gemeinsame Thal sehr tief und weit, während weiter oben das Stammthal sehr eng sein kann. Dagegen kann dann das rasch wachsende Längsthal leicht eine Anzahl von untergeordneten, wenn auch ältern Querthälern aufnehmen, sobald einmal der Hauptausgang da ist.«

»Für Süd-Irland, fügt Juckes bei, war hiezu Zeit genug, da Süd-Irland seit der polæozoischen Zeit immer über Meer lag, mit Ausnahme der kurzen Unterbrechung in der Eiszeit. Aehnliche Bewandtniss hat es mit den Flüssen im polæozoischen Terrain von Süd-Wales und Nord-England, wo auch an vielen Orten das Land fertig war vor der Trias, wie die horizontalen Bänke des New Red Sandstone zeigen.« Sollte es in unsern Alpen an Zeit zu solcher Drainirung gefehlt haben? Der Nummulitenkalk der Diablerets und der Tödikette und vielleicht noch jüngere Gesteine im Val d'Illiers (A. Favre, Archives des Sc. Bibl. univ. Sept. 1860) weisen allerdings auf eine sehr späte Meeresbedeckung; allein einerseits sind dies die südlichsten Punkte so junger Bildungen in den Hochalpen, und andrerseits sind Nummuliten littorale Organismen. Thalbildung konnte somit hinter der grossen Alpenkette vor sich gehen, während draussen noch eocenes Meer lag.

Die Parallele zwischen Rhône- und Rheinthal ist insofern einem Einwand ausgesetzt, als das Rhônethal von Martigny abwärts allerdings unzweifelhaftes Querthal ist, da die Formationen von der Westseite ziemlich unverändert nach der Ostseite des Thales übersetzen, während die beiden Thalwände unterhalb Chur bis nach Lichtenstein aus Gebilden verschiedenen Alters und verschiedener Lagerung bestehen. Allein hiezu kommt noch die merkwürdige Gabelung des Rheinthals unterhalb Sargans, welche wenigstens in so grossartigem Maassstab in den Alpen ihresgleichen nicht findet.

Bei der Durchwanderung des Reussthales drängte sich uns auf, dass man beim Austritt aus dem Urnerloch in das Thal von Andermatt in eine andere Ordnung der Dinge trete. Die mineralogische Beschaffenheit des Gesteins änderte dabei abgesehen von der schmalen Zone der Schiefer des Ursernthales wenig und die Niveauverhältnisse noch weniger; dennoch ist der Eindruck ein ähnlicher, wie wenn man aus den Schluchten der Nagelfluh von Eggiwyl und Rebloch hinaus nach Schangnau, oder von Trubschachen hinaus in das Thal von Escholzmatt, oder auf noch kleinerem Maassstab — durch ein Crêt des jüngern Jura an eine Voûte älteren Gesteins herantritt. Die grossen Thäler der Rhône und des Vorderrheins sind bekanntlich nur Verlängerungen des Hochthales von Andermatt, und verfolgt man das Bild weiter, so erscheint allerdings das gesammte Thal von Martigny bis Chur als eine grosse Combe und die Alpendurchrisse von Martigny bis Villeneuve und von Chur bis zum Bodensee als die dazugehörigen Ruz. Nur ist das östliche weit ausgedehnter und stösst an verschiedene Formationen, welche in weitem Bogen um die Gebirgsgruppe des Tödi und des Canton Glarus einen grossen Circus ziehen, während das westliche in Folge der Continuität der Gebirgsbildung sich zu einer regelmässigen Clus gestaltet.

Denkt man sich vor der Hand diese grosse Communication zwischen dem was nördlich und was südlich der östlichen Ausläufer der Tödikette liegt, weg und lässt die Tödikette sich ununterbrochen nach Ost fortsetzen, so verliert die Gabelung des Rheins bei Sargans das Merkwürdige, was ihr anhaftet. In solchem Fall würde die Unterbrechung zwischen Schollberg und Fläscherberg wieder zum continuirlichen Wall werden, und dann hätten wir nur noch die normalen Beziehungen zwischen Quer- und Längsthälern.

Das Längsthal des Wallenstadtersee's, eine der regelrechtesten Combes des Alpengebirgs, erschiene als Dependenz des grossen Stammthales, welches die Linth vom Tödi an quer durch Trias, Jura und Kreide bis Wallenstadt gegraben hat.[1]) Und bei Balzers oder noch genauer

[1]) Es wäre leicht, auf manche Analogien zwischen dem Reussthal und dem der Linth aufmerksam zu machen. Namentlich fehlt es in dem letztern an verlassenen Terrassen, die nun in grosser Höhe über dem heutigen Thalweg liegen, keineswegs. Diejenige, welche über Näfels den Obersee in 546 M., den Niedersee in 313 M. Höhe über dem Thal zurückhält und jenseits desselben in dem flachen Kessel der Mullern-Alp sich fortsetzt, ist vielleicht sogar eines der schönsten Beispiele von Thalwegen aus früherer Geschichte der

bei Luziensteig begönne das Stammthal eines um das ganze Wassergebiet überhalb Sargans beraubten Rheins, welches bei Feldkirch aus einem freilich weniger typischen Längsthal die Ill aufnimmt. Denkt man sich, wozu die Prüfung an Ort und Stelle alles Recht giebt, die Ill, statt durch die niedrigen Clusen bei Feldkirch durchbrechend, auf der Nordseite der niedrigen Hügelreihe von Bendern in das Rheinthal hinausgeleitet, so wird dort die Analogie ihres Ausflusses in das Stammthal des Rheins von Luziensteig mit der Beziehung des Wallenstadterthales zum Linththal noch sprechender.

Eine Wanderung in der Gegend nördlich vom Schollberg drängt eine solche Reconstruction früherer Verhältnisse unabweislich auf; ja man möchte sagen, dass die Rundsicht von dem günstigsten Punkt der Gegend, von dem Hügel, auf welchem die Ruine von Wartau steht, den gesammten frühern Zustand unverhüllt vor Augen führt. Man hat unmittelbar zu Füssen den merkwürdigen, fast kreisrunden Kessel, in welchem die Dörfer Murris und Weite liegen. Er öffnet sich direct gegen das Thälchen von Luziensteig, in dessen Ausgang die Ruine Guttenberg auf einem vollkommen isolirten Hügel steht, welcher, selber eine Ruine, mitten in dem Zug eines Gletschers liegt, dessen Bahn und Grenze dem Auge unverhüllt in den vollkommensten Rundhöckern, in dem Profil der Bergvorsprünge und in der Art der Vegetation vorliegt. Er zieht sich aus dem Rheinthal über Luziensteig an den Abhängen, auf welchen hoch über letzterm die Häuser von Guscha (1122 M.) kleben, in directer Richtung gegen die Hügel von Wartau, wo der auspolirte Kessel in der Thalsohle, das nicht minder reichlich geglättete Plateau von Gretschins seine Sohle — und die abgerundeten, noch heute mit schwächerer Vegetation bedeckten Halden über Ober-Schan und Selva Plana seine obere Grenze erkennen lassen.[1])

Gegenüber hat man die mächtige Kette, welche sich vom Falknis bis zu den Dreischwestern zieht und schon durch die Art ihrer Sculptur verrathen würde, dass sie geologisch von der westlichen Thalwand, auf der wir stehen, vollkommen verschieden ist. Nach Nord scheint das Rheinthal geschlossen durch den Schellenberg, der sich von Bendern nach Feldkirch zieht und das ganze Thal des Rheins in exquisiter Weise zum Querthal stempelt. Nach Süd sieht man in den blinden Zipfel des alten Rheinthals, in das sumpfige Thälchen von Luziensteig, und die alte Wasserscheide zwischen Rhein- und Linthgebiet, die sich vom Fläscherberg nach dem Schollberg hinüberzieht, erscheint fast ungebrochen. Darüber erheben sich dann jenseits die Gebirge, an deren Fuss das mächtige Längsthal liegt, welches die Gewässer von Graubünden so lange der Linth zuführte, bis der Gletscher, der schon weit früher beide Richtungen,

---

Alpenthäler, und dass ihre Wirkung von den Thalbewohnern wohl gefühlt wird, zeigte mir die Bemerkung eines Holzschlägers, der mir auf einige dies andeutende Worte gleich erwiederte: »wenn wir diese See'n nicht hätten, so wären wir schon lange verrumpelt.«

[1]) Blatt IX des eidgenössischen Atlas lässt diese Verhältnisse selbst in der Reduction von 1 : 100000 an den Tag treten.

nach Westen und nach Norden, eingeschlagen hatte, oder wohl eher bis das Wasser bei dem Rückzug des Gletschers den Riegel bei Trübbach so weit eingesägt hatte, dass es in dem vorgefundenen Stammthal des Illgebietes in directer Richtung nach Nord abfliessen konnte.

Der Durchbruch des Schollberges bei Trübbach, welcher der Aar das ganze Quellgebiet von Graubünden entzog, war somit für diese Stelle nur ein kleines Ereigniss, ein grösseres wohl für den Bodensee. Allein nicht nur die unverkennbare Gletscherbahn über Luziensteig und Schollberg, sondern auch bekanntlich die erratischen Materialien im Hegau und ohnedies die merkwürdige Analogie der Sculptur der rechtseitigen Thalwand von Chur bis Maienfeld mit derjenigen von Balzers bis Vaduz weist darauf hin, dass vor der Ableitung des Rheins nach der Linth schon eine lang andauernde Epoche bestanden hatte, wo Eis, ja wohl noch vorher schon flüssiges Wasser seinen Weg in der gleichen Richtung gefunden hatte, die es nach Durchbrechung des einige Zeit im Weg gestandenen Riegels vom Schollberg wieder einnahm. Die Drainirung von Graubünden durch die Linth war demnach wohl nur eine kurze Episode, eingeschoben zwischen einer ältern und der heutigen Drainirung nach Nord. Der Durchbruch des Riegels von Bendern und Montlingen wird wohl jener ältern Periode angehören, und es liegt die Vermuthung nahe, dass erst eine Einsenkung, welche die Bildung der Combe des Wallenstadtersee's zur Folge hatte, auch einen Riegel beseitigen half, der schon in einer frühern Epoche die Niederschläge der Bündneralpen nach Nord gelenkt hatte.

Obschon man von Atzmoos [1]) heute fast ebenen Fusses nach Trübbach geht, so verändert sich die Scene doch beim Austritt in das Thal von Sargans in analoger Weise, wie wenn man von Lungern über den von festem Wasser, das aus Ober-Hasle stammte, auch schon überschrittenen Pass des Brünig in das dem Thal von Wallenstadt so ähnliche Thal der Aare hinuntersteigt. Man kommt in beiden Fällen in eine andere Ordnung der Dinge. Nur liegt am letztern Ort der Gedanke, dass in einer frühern Periode ein Riegel, wie etwa der Ballenberg bei Brienzwyler, die Aare in flüssiger Gestalt über Sarnen und Küssnacht in das grosse Thal hinausgelenkt hätte, viel ferner.

---

[1]) Die Bewohner dieser Gegend sind auf ältere Zustände auch schon aufmerksam geworden, indem sie ein altes Ufer bei Atzmoos mit Recht dem Rhein zuschreiben; noch entlegenere Dinge, wie ein Rheinlauf nach Wesen, oder gar ein Eisgang aus Graubünden über Luziensteig scheinen ihnen indess schon zu fern zu liegen.

Seebildung.

Jetzige Verhältnisse.

Die Materialien, die ich in dem Vorhergehenden dem Leser vorgelegt habe, mögen nunmehr wohl im Stande sein, über ein weit schwierigeres Thema, das von dem bisherigen kaum hätte getrennt werden können, dasjenige Licht zu verbreiten, in welchem dasselbe mir beurtheilt werden zu müssen scheint. Obschon von Seebildung in dem Abschnitt über Querthäler schon reichlich die Rede war, so handelte es sich daselbst doch nur um sehr ephemere Erscheinungen, um kleine Episoden in der Geschichte rasch wachsender Thäler. Die grossen See'n, welche am Nord- und Südfuss der Alpen liegen und seit einer Anzahl von Jahren den Scharfsinn so vieler Beobachter angespornt haben,[1]) bilden offenbar eine Categorie von Dingen

---

[1]) Als neuere Schriften von besonderer Wichtigkeit für Seebildung in den Alpen sind zu nennen:

A. Escher v. d. Linth, Ueber die Gegend von Zürich in der letzten Periode der Vorwelt. Zürich 1852.

E. Desor, De la Physionomie des Lacs suisses. Neuchâtel 1860.

— —, Quelques Considérations sur la Classification des Lacs. Lugano 1861.

B. Studer, Sur l'origine des Lacs suisses. Bibl. Univ. et Revue Suisse 1864.

A. Favre, Sur l'origine des Lacs alpins et des Vallées. Bibl. Univ. de Genève 1865.

— —, Recherches géologiques. 1867. Tome I.

G. de Mortillet, Carte des anciens Glaciers du Versant méridional des Alpes. Milan 1860.

G. Omboni, J Ghiaccaj antichi e il Terreno erratico di Lombardia. Milano 1861.

B. Gastaldi, Sulla Riescavazione dei Bacini lacustri per opera degli antichi ghiacciai. Milano 1865.

A. Ramsay, On the glacial origin of certain Lakes. Quart. Journ. Geol. Soc. Aug. 1862.

— —, On the Erosion of Valleys and Lakes. Philosoph. Magaz. Oct. 1864.

— —, Physical Geology and Geography of Gr. Britain. 1864.

— —, Sir Charles Lyell and the glacial Theory of Lake-Basins. Philos. Mag. April 1865.

Tyndall, On the Conformation of the Alps. London and Edinb. Philos. Magaz. 1862.

J. Ball, On the Formation of Alpine Valleys and Alpine Lakes. Lond. and Edinb. Philos. Magaz. 1863, p. 81.

Ch. Lyell, Antiquity of Man. 1863. Chapt. XV.

— —, Elements of Geology. 1865. Chapt. XII.

Rod. Murchison, Anniversary Address to the Geographical Society of London. 1864, p. 57 etc.

W. Sartorius von Waltershausen, Untersuchungen über die Climate der Gegenwart und der Vorwelt. Haarlem 1865.

höherer oder vielmehr älterer Ordnung, zu deren Beurtheilung ein grösserer Maassstab nothwendig ist, als derjenige der localen Untersuchung. Hierin liegt indess auch die Gefahr einer Besprechung dieses Thema's; alle Belege liegen hier ferner zurück, da diese Erscheinungen einer weit entlegeneren Vergangenheit angehören. Die Hülfsmittel der Beurtheilung liegen daher nur in oft entfernten Analogien und in Combinationen, die bis zu der Allgemeinheit von Hypothesen aufsteigen müssen. Ich möchte die Frage nach der Entstehung der grossen Alpensee'n fast der Frage über die Entstehung der Sprachen vergleichen; an beiden Orten handelt es sich um die Untersuchung von Bewegungen, hier Flüsse, dort Völkerwanderungen genannt, welche ausserordentliche Massen von Material, das zur Reconstruction des Bodens, an welchem die Bewegung sich erging, nothwendig ist, ausser den Bereich heutiger Beobachtung gebracht haben, und um Sedimente sehr verschiedener Perioden, deren chronologische Unterscheidung auf grosse Schwierigkeiten stösst.

Nichtsdestoweniger darf man in beiden Fällen wohl mit Zuversicht von dem Princip ausgehen, dass zwischen der entlegenen Periode, wo die in Rede stehenden Bewegungen ihren Ursprung nahmen, bis auf den heutigen Tag die Continuität derselben niemals unterbrochen worden ist. Hierin liegt aber die grosse Beruhigung, auch den Boden so entlegener Geschichte an der Hand der Lehren prüfen zu dürfen, welche die besonnene Untersuchung der Gegenwart ergiebt. Die Kräfte, welche jene alten See'n zu Stande brachten, können in ihrer Natur nicht verschieden sein von denjenigen, welche noch heute See'n bilden. Nur muss der Maassstab vergrössert werden, und zwar nach den zwei Richtungen, nach welchen überhaupt Geschichte von Materie zu beurtheilen ist, nach Raum und nach Zeit. Für erstern giebt der grosse Unterschied des Volums jener scheinbar permanent gewordenen See'n von denjenigen, welche wir noch heute entstehen und vergehen sehen, Anhaltspunkte genug. Nach der Richtung der Zeit ist zu berücksichtigen, dass eine grosse Zahl von Ereignissen schwer definirbarer Art zwischen die Entstehung der bleibend gewordenen und der Eintagssee'n hineinfällt, Ereignisse, welche nicht nur den Ueberblick der historischen Continuität des Processes stören, sondern auch räumlich zwischen die beiden schon jetzt unterschiedenen Gruppen von See'n eine breite Zone von meist seelosem Gebiet, oft in der Form hoher Berge, hineingeschoben haben. Die Untersuchung wird daher wesentlich in drei Theile zerfallen müssen; in die richtige Anschauung der jetzigen Verhältnisse; in die Prüfung, bis wie weit dieselben durch noch wirksame Ursachen erklärbar sind und in die Ausscheidung und Erwägung der Factoren, welche nur noch vereinzelte Monumente hinterlassen haben sollten.

Ausserdem fällt hier selbstverständlich auch die ausgedehnte Litteratur über alte Gletscher-Verbreitung, über Erraticum und quaternäre Formationen, sowie die geologischen, hydrographischen und hydrotechnischen Arbeiten über einzelne Flussbecken in Betracht, deren Aufzählung hier viel zu weit führen würde.

In dem Vorhergehenden liegt bereits eine Eintheilung der See'n angedeutet, welche mir wichtig zu sein scheint und daher eine Motivirung verlangen könnte. Nichtsdestoweniger scheint mir eine solche nach allem, was vorhergegangen ist, fast überflüssig, da sich jene ganz unwillkürlich aufdrängt. Schliessen wir aus dem Wort See alle ruhenden Wassermassen aus, die als Sümpfe oder Lachen sich in Folge von Verschlammung, Torfbildung oder schon bei stärkerer Berieselung der Oberfläche, wie Schneeschmelze hinter ephemeren Riegeln oder in zufälligen Vertiefungen der Oberfläche ansammeln — deren Dauer daher den kleinen Störungen in der Periodicität der Verdünstung entspricht, so ist in der Schweiz keine Eintheilung der See'n im engern Sinn, d. h. der Wasserbecken, welche diese normalen Witterungswechsel überdauern, berechtigter als diejenige in Bergsee'n und Randsee'n. Da der Ausdruck weniger wichtig ist als der darin liegende Begriff, so könnte ich mir selbst die kindisch scheinende, aber doch sehr bedeutsame Benennung kleine und grosse See'n gefallen lassen. Sie würde sowohl mit der vorigen als mit der schon gebrauchten, junge und alte oder Eintags- und bleibende See'n, zusammenfallen. Ja ich möchte die Benennung klein und gross selbst vorziehen, da sie die wesentlichen Momente, Raum und Zeit, zugleich in sich begreift, während von den andern Ausdrücken sich die einen nur auf den Ort, die andern nur auf die Zeit beziehen.[1])

In Bezug auf die Vertheilung der See'n, die ebenfalls in wissenschaftlicher und populärer Litteratur sehr reichlich besprochen ist, begnüge ich mich mit der Bemerkung, dass bekanntlich die kleinen oder die Bergsee'n in keinem Gebiet der Alpen fehlen. In den westlichen Alpen sind es überhaupt die einzigen, welche dort noch vorkommen. Zu ihnen würden auch, wenn wir über die Alpen hinausgehen wollten, die See'n des Schwarzwaldes, der Vogesen, sowie diejenigen von England und Schottland gehören. In den Alpen aber nimmt ihre Zahl augenfällig in gleichem Maasse zu, je mehr wir uns Mittelpunkten oder vielmehr Punkten grösster Massenerhebung und Zusammendrängung derselben nähern, und ohne Zweifel erreichen sie ihr Maximum an Zahl auf gleichem Raum in dem Gebiet des St. Gotthard, wo fast kein Thal und kein Joch derselben entbehrt. Dies würde zu einer topographisch nicht unpassenden weitern Eintheilung der Bergsee'n in Kesselsee'n (wie z. B. Oeschinen, Lucendro etc.) und Jochsee'n (wie Gotthardpass, Grimselhöhe etc.) Anlass geben; es wurde indess in einem frühern Abschnitt an höchst instructiven Beispielen gezeigt, dass Jochsee'n nur Folgezustände von Kesselsee'n

---

[1]) Man hat bekanntlich noch eine Menge anderer Eintheilungen vorgeschlagen, wovon einige sehr allgemein in die Litteratur übergegangen sind; so orographische, Erosionssee'n, zusammengesetzte Soe'n etc. Ich kann sie nicht adoptiren, da erstens alle See'n, mit Ausnahme der künstlichen, orographische sind und Erosion an allen sich mehr oder weniger betheiligt haben muss. Auch die Eintheilung der orographischen in Clusen-, Combe-See'n etc. besagt nur, dass die Rinne, die das ruhende Wasser enthält, unterhalb des Wasserniveau's dieselbe Structur besitze, wie überhalb desselben.

sind und da eintreffen, wo die Zerstörung des Gebirges dem Kessel seine Wandung geraubt hat.[1])

Die Vertheilung der Bergsee'n in verticalem Sinn lässt sich weniger leicht in allgemeine Sätze zusammenfassen. Da sie abhängig sind von höherliegendem Gestein, das ihnen solide oder aus Schutt gebildete Wandungen liefern muss, so ist klar, dass sie unter den Gipfeln zurückbleiben. Allein es ist bekannt, dass sie in grosse Höhen steigen und dass man über 8000 Fuss noch eine Zahl derselben antrifft. Ebenso wurde früher gezeigt, dass sie mit der Zeit in den tiefern Stellen der Thäler verschwinden, (wo dann bekanntlich Namen wie Seeboden, Seealpboden, Pleine des Jles und so fort oft lange noch die Erinnerung festhalten) und in die jeweilige Region stärkster Arbeit hinaufsteigen. Diese ist aber nicht an eine absolute, sondern nur an eine relative Höhe gebunden. Die von einer neuesten Zusammenstellung[2]) gemachte Angabe trifft daher ziemlich zu, dass sich die Mehrzahl der Alpensee'n in einer Höhe zwischen 6 und 8000 Fuss befindet, dass sie spärlicher sind in der Region zwischen 4 und 6000 Fuss und selten zwischen 2 und 4000 Fuss.[3])

Auch für die Vertheilung der Randsee'n mögen wenige Bemerkungen genügen. Am Nordabhang der Alpen finden sie sich bekanntlich in einer sehr grossen Ausdehnung, von Chambéry bis Linz, oder von der Stelle des Durchbruchs der Rhône durch den Jura bis zu der Stelle des Durchbruchs der Donau zwischen Böhmerwald und Alpen, doch mit ziemlicher Unterbrechung zwischen dem Bodensee und den bayrischen See'n. Westlich vom Lac du Bourget fehlen Randsee'n gänzlich, östlich vom Traunsee ebenfalls, wenn wir nicht die seichten See'n Ungarns dazu rechnen wollen. Ein Maximum an Zahl und Grösse erreichen sie aber in auffälligem Grade in dem für die Geschichte der Wasserläufe ohnehin so bedeutsamen Raum zwischen den Ausflüssen der Rhône und des Rheins aus dem grossen Thal, das die Alpen vom Jura scheidet. Auch am Südabhang fallen die Randsee'n der Alpen in das Gebiet ihrer höchsten Erhebung, in die Bucht zwischen den Ausläufern des M. Rosa und des Ortler oder zwischen den Ausflüssen des Tessin und der Etsch. Ausserhalb dieses Raumes liegt nur noch östlich eine kleine Gruppe im Gebiet der Drau in Kärnthen.

In Bezug auf ihre verticale Höhe lassen sich die Randsee'n innerhalb und in der nächsten Umgebung der Schweiz in folgende Gruppen vertheilen:

---

[1]) Es ist mir kein merkwürdigeres Beispiel der Art bekannt, als der See auf dem Joch, das von Val Piora am Piz delle Columbe vorbei in der Höhe von 2375 M. nach Casaccia am Fuss des Lukmanier hinüberführt. Der See nimmt die volle Breite des schmalen Joches ein, so dass er bei der Schneeschmelze nach beiden Seiten überfliesst. Allein die ausserordentliche Zerstörung der benachbarten, aus dem schon erwähnten glimmerhaltigen Dolomit bestehenden Gipfel zeigt, dass der See seine Rückwand, die den M. Scai mit dem Piz delle Columbe verband, verloren hat und so erst nachträglich blos gestellt wurde.

[2]) Wallmann, die See'n in den Alpen. Jahrbuch d. österreich. Alpenvereins. IV. 1868.

[3]) Der Egerisee, 726 M., ist in dieser Region der grösste.

Nordabhang.			Thun. 560.	Brienz. 566.			
	Bourget. 314.	Annecy. 446.	Luzern. 437.	Zug. 417.	Zürich. 409.	Walensee. 425.	
		Sempach. 507.	Baldegg. 467.	Hallwyl. 452.	Greifensee. 439.		
	Genfersee. 375.					Bodensee. 398.	
			Neuchâtel. 435.	Murten. 435.	Biel. 434.		
Südabhang.			L. Maggiore. 197.	Lugano. 271.	Como. 213.		
	Orta. 372.	Varese. 259.				Iseo. 192.	Garda. 71.

Hieraus ergiebt sich einerseits die früher betonte Individualität der See'n, welche jeden Gedanken, sie von einem ursprünglichen gemeinsamen Wasserbecken abzuleiten, von vorn herein abweist, andererseits eine enge Beziehung zu dem allgemeinen Relief des Bodens, welche sich etwa in folgender Weise zusammenfassen lässt: Niedrige Lage der südlichen See'n und stufenweise Vertheilung der nördlichen in der Art, dass die in den Alpen noch eingeschlossenen See'n von Brienz und Thun das höchste Niveau einnehmen, die den Alpen unmittelbar vorliegenden um 100—200 M. tiefer liegen, während die See'n, die ausschliesslich dem Molassegebiet angehören, eine Art Plateau einnehmen, das denjenigen der mittlern Schweiz ein 20—70 M. höheres Niveau giebt als den benachbarten Alpensee'n, allein doch den Genfer- und Bodensee dann in die tiefsten Niveau's bringt. Den entferntern See'n des Jura kommt dann wieder ein ähnliches Niveau zu, wie denjenigen am unmittelbaren Fuss der Alpen.

Nicht minder wichtig ist wohl die Bemerkung, dass die See'n nicht überall die tiefsten Stellen des heutigen Festlandes einnehmen. Könnte man sie ausgiessen, so würde sich ein grosser Theil der Wassermasse heute am Fuss des östlichen Jura sammeln, wo kein See besteht. Denken wir uns dabei den Ausgang bei Brugg geschlossen, so würde eine Wasserfläche, die von dieser tiefsten Stelle des Tertiärthales sich dem Jura entlang bis Solothurn ausdehnte (429 M.), kleine Buchten in die Thäler des Aargau senden und durch das Reussthal hinauf den Zugersee und durch das Limmatthal den Walensee erreichen. Stiege das Wasser um 8 weitere Meter, so würden die Spiegel der Jurasee'n und des Luzernersee's damit verschmelzen. Bei einem Niveau von 452 M. würde sich der Hallwylersee damit verbinden und das Wasser würde bei Mormont in das Becken des Genfersee's hinüberfliessen, allein immer blieben noch

l'Ecluse ging,[1]) ein Niveau, das sein oberes Ende nicht nur bis Bex, sondern bis in die Nähe von Martigny hinaufschieben würde. Um wie viel der Thunersee unterhalb von Thun durch die Ablagerungen der Kander verkürzt wurde, ist schwerer zu ermessen; eine Erhöhung im Betrag der von Favre für den Genfersee vermutheten vermöchte ihn über die Hügelreihen, welche das Thal der Gürbe heute von dem alten Bett der Kander trennen, in zwei Rinnen beidseits des Belpberges, am obern Ende bis Innertkirchen auszubreiten. Sicherer ist durch die ausgedehnten Untersuchungen über die Drainirung des jurassischen Seegebietes der grosse Betrag erwiesen, in welchem das Geschiebe der Aare seit ältester Zeit den Ausfluss des Bielersee's beeinträchtigt, und die Bemerkung eines wenigstens in Bezug auf Niveauverhältnisse vortrefflichen Beobachters, dass der Flussboden der Ziehl zwischen den See'n von Neuenburg und Biel, »Kies« nicht nur aus den Jurathälern, sondern meistens aus Gesteinen der Hochgebirge vom Oberland und Wallis enthalte,[2]) möchte eine Untersuchung, ob dies Flussgeschiebe sein sollte, sehr wünschbar erscheinen lassen.

Die angedeuteten Beziehungen zwischen Flüssen und See'n können nicht umhin, uns nunmehr auch direct die Frage vorzulegen, ob diese Beziehung eine zufällige oder eine wesentliche sei. Selbst wenn wir einstweilen von Perioden absehen, die weit über die Gegenwart zurückgehen, wird wohl die letztere Annahme nicht zurückgewiesen werden können.

Obschon durchaus nicht durchweg an die tiefsten Stellen jetziger Oberfläche gebunden, liegen doch die grossen See'n fast durchweg an dem unmittelbaren Fuss grosser Gebirge und fast ohne Ausnahme in Thalwegen grosser Ströme. Ihre Form und Richtung entspricht grösstentheils dem Relief, das noch den heutigen Flüssen dieses Gebietes ihre Richtung vorschreibt, sowie andererseits ihre reconstruirte Grösse ungefähr dem Quellgebiet entspricht, das hinter ihnen liegt. Sehen wir von den im Innern der Alpen abgeschlossenen See'n von Thun und Walenstadt ab, so folgen alle See'n des offenen Tertiärgebietes, mit Ausnahme eines einzigen, den zwei Gefällen, welche letzteres noch jetzt entwässern; die grosse Mehrzahl durchsetzt dasselbe in querer Richtung, als ob das Wasser sich so sehr und mit solcher Regelmässigkeit beeilt hätte, in die tiefere Rinne längs des Jura zu gelangen, wie Wasserrinnen von Dächern ihrer Sammelrinne zulaufen, und die Jurasee'n erfüllen ja diese theilweise noch heutzutage. Der Genfersee allein entzieht sich diesem allgemeinen Gesetz, doch nicht in seinem ganzen Umfang. Nur sein westlicher Theil folgt heutzutage dem stärkeren Gefäll der Rhône, während der östliche sich mit solcher Regelmässigkeit in die tiefe Furche zwischen Leman und

---

[1]) A. Favre, Recherches géologiques I, 46. A. Jaccard, Jura vaudois et neuchâtelois, 1869. p. 19—24.

[2]) Koch, Bericht der Schwellencommission über die Aar, Ziehl, den Murten-, Neuenburger- und Bieler-See, 1816. p. 21.

Neuenburgersee fortsetzt,[1]) dass man sich dem Eindruck nicht entziehen kann, dass nur diese den übrigen See'n des Tertiärgebietes conforme Richtung die ursprüngliche, und die Ablenkung nach Genf eine erst nachträgliche sein müsse. Die Wasserscheide zwischen der Venoge und der Orbe, oder die Scheidewand, welche heute den Neuenburger- vom Genfersee abtrennt, hat eine Höhe von 451 M. Sie erhebt sich somit um 16 M. über das Niveau des See's von Yverdon, um 76 M. über dasjenige des Genfersee's. Durch den Canal von Entreroches vermochte bekanntlich die Kunst Wasser aus dem einen Gebiet in das andere zu führen, und das von Favre am Fort de l'Ecluse gemessene alte Niveau des Genfersee's würde dies selbst ohne solche Hülfe zu Stande bringen. Vergleichen wir gar die topographische Karte dieser Gegend mit der geologischen, so scheint die Annahme, dass die zwei Seebecken nachträglich getrennte Stücke Eines frühern Wasserlaufes von dieser Richtung seien, keines weitern Beleges zu bedürfen. Am vernehmlichsten spricht wohl dafür der Lauf des Veyron; wie eine regelmässige Quelle der Orbe in der Nähe von Bière beginnend, schlägt er erst die Richtung nach Yverdon ein, allein kehrt dann wie erschrocken schnurstracks nach Westen zurück, da wo das schmale Kreideriff von Mormont quer durch das Tertiärthal nach Goumœns-le-Jux hinüberzieht. Das Riff zerschnitt somit den Veyron in zwei Theile; den westlichen wies es nach dem Genfersee zurück; der östliche, nun Nozon, erhielt ein neues Quellgebiet in dem wohl durch das gleiche Ereigniss neugebildeten jurassischen Circusthal von Vaulion.

Die Einschnürung des See's zwischen Rolle und Yvoire kann man unter solchen Umständen nicht übersehen; sie fällt genau in jene merkwürdige Linie von Dislocationen, welche von dem Kamm der Voirons über die isolirten Molassenhügel von Ballaison und Bougy, hart an dem Circus von Vaulion vorbei, vom Lac de Joux ein Stück abbrechend, bis nach Pontarlier führt und sämmtliche Etagen des Jura, der Kreide und der Tertiärgesteine in einer Weise betroffen hat, der das Becken des Genfersee's, mochte es damals schon ruhendes Wasser enthalten oder nicht, unmöglich fremd bleiben konnte.[2])

Auch die übrigen Randsee'n bilden grosse tiefe Becken, vorwiegend an der Ausmündung

---

[1]) Auf der hypsometrischen Karte der Schweiz trotz der geringen Anzahl ihrer Niveau's recht deutlich. Jayet, Notice sur la pleine d'Orbe. Bullet. Soc. vaudoise des Sc. nat. 1862, p. 295.

[2]) Ein solches Ereigniss, welches dem Quellgebiet der Aare den gesammten Betrag der Niederschläge in den Alpen von Wallis entzogen haben würde, konnte erst einer verhältnissmässig späten Epoche angehören. Die Hügel von Boisy und Bougy lassen es zum mindesten der Ablagerung der untern Süsswasser-Molasse nachfolgen; allein es fragt sich, ob nicht die grosse Nachbarschaft des parallelen Kreideriffs, das von Baulmes über den Hügel von Chamblon bis Chevressy hinübersetzt, es selbst in die Zeit nach Ablagerung des marinen Sandsteins verlegt. Liegt es doch nahe, sogar die vielbesprochene convexe Welle der Grenze erratischer Blöcke am Chasseron, sowie das Remaniement erratischen Schuttes im Thal des Nozon, um Ste. Croix, um Vallorbe, von La Sarraz bis Concise mit unter diesen Gesichtspunkt zu bringen. S. über diese Verhältnisse Blatt XI und XVI des geologischen Atlas der Schweiz, sowie den dazugehörigen Text von A. Jaccard, pag. 25, 85, 263 etc., ferner A. Favre, Recherches géologiques I, p. 227 etc.

grosser Querthäler, welche tief ins Innere des Gebirges und meistens in crystallinische Centren desselben hineinragen. Sie nehmen daher fast durchweg grosse Flüsse auf. Dennoch sind sie nicht in ihrer ganzen Tiefe von diesen Flüssen abhängig. Lenkte man diese ab, so würden die meisten See'n wohl noch lange Zeit bestehen. Andererseits hat nicht jeder grosse Alpenfluss einen Randsee; am Nordabhang fehlt ein solcher der Saane, die freilich nur auf kleinen Strecken in ächtem Querthal läuft; und auf dem Südabhang fehlen See'n allen Zuflüssen des Po westlich von Tosa und Tessin, sowie der Etsch, Piave, Tagliamento, Drau und Mur, die freilich vorwiegend Längsthälern angehören. Umgekehrt können See'n namhaft gemacht werden, die keinen ihnen ebenbürtigen Fluss empfangen, so der Zugersee, der See von Lugano und der Gardasee.

Sollte hierin ein Wink liegen, dass See und Fluss nicht nothwendig zusammengehören, dass vielleicht sogar, wo Flussthal und Seebecken zusammentreffen, dies von secundären Ursachen abzuleiten sei? Warum besitzen am Südabhang der Alpen nur die Gebiete des Tessin und der Adda einen See? Warum läuft die Etsch so hart an dem grossen Gardasee vorbei, der heute nur die kleine Sarca aufnimmt?

Die Antwort auf diese Fragen liegt schon in der früher versuchten Reconstruction der See'n, welche zeigte, dass es möglich ist, gewissen See'n ihre Flüsse und gewissen Flüssen ihre See'n zurückzugeben, wenn wir über die Gegenwart hinausschauen und uns Verhältnisse zurückrufen, von welchen Ueberreste noch erkennbar da sind. Die Lücken in dem Verbande zwischen See und Fluss wurden dadurch wenigstens vermindert. Fügen wir hier bei, dass eine Erhöhung des Lago Maggiore um 29 M. oder eine Wegräumung des Schuttkegels der Tosa den See in diesem Thal bis Vogogna führen würde, und erinnern wir uns aus dem frühern Abschnitt dieser Arbeit, dass See'n in Längsthälern spärlichere Bedingungen ihrer Entstehung finden als in Querthälern, so schwindet das gedachte Missverhältniss noch mehr. Ebenso kann man sich des Versuches kaum erwehren, einem Arm der Reuss den Weg von Brunnen nach dem um 20 M. unter dem Spiegel von Uri liegenden Zugersee wiederzugeben. Hiezu bedürfte es freilich nicht nur der Wegräumung des Schuttes, den der Rossberg sicher schon lange vor 1818 geliefert hat, sondern auch der Wiedersenkung der nach Nord aufgerichteten Nagelfluhriffe, welche zwischen Arth und Goldau quer durch das Thal ziehen (s. Blatt VIII des eidgen. Atlas) und zwar zu einer Periode, da die horizontalen Sandsteinbänke noch nicht existirten, über welche heute bei Cham die Lorze nur oberflächlich abfliesst. Nicht minder Beachtung verdient es, dass die Wasserscheide zwischen Mori an der Etsch und Torbola am Gardasee, freilich 100 M. über der Etsch, einst einem Gletscher zum Durchpass diente und im Jahre 1439 die Venetianer nicht hinderte, im Streite gegen Venosta Visconti 5 grosse Galeeren und 25 kleinere Schiffe aus dem Thal der Etsch auf die Fläche des Gardasee's zu transportiren.[1])

[1]) J. Ball, A Guide to the Eastern Alps. 1868. p. 411.

Dies alles mag wohl hinreichen, um anzudeuten, dass ein guter Theil der heutigen Verhältnisse von Vertheilung, Niveau, Richtung, Form, Volum, sowie von Zufluss und Abfluss der Randsee'n, aus welchen man versucht sein könnte, ihre Abhängigkeit von alpinen Erosionsgebieten anzuzweifeln, an Widerstand in gleichem Maasse verliert, als wir in frühere Perioden der Seegeschichte hinaufgehen. Die Beziehung zwischen See und Fluss wird in gleichem Maasse inniger, als wir vermögen, ältere Zustände herzustellen und spätere Ereignisse als Modificationen von älteren Unterlagen aufzufassen.

Diese Vorbereitung schien nothwendig, bevor wir zu der Prüfung des stärksten Einwandes schritten, den man bisher einer nothwendigen Verbindung von See und Fluss entgegensetzte, nemlich der Tiefe der letztern, welche sie entgegen dem bekannten Thalweg normaler Flussthäler vielmehr als blinde Becken mit blos oberflächlichem Ablauf erscheinen lässt. Dieser Theil der Untersuchung leidet nun freilich unter dem grossen Uebelstand, dass ein guter Theil der Data über Seetiefen sehr zweifelhafter Art ist. Die Gestaltung der Bassins, in welchen die See'n liegen, ist nur für wenige in Zutrauen erweckender Weise untersucht, und mehrere neuere, mit zuverlässigen Mitteln gemachte Untersuchungen geben der Vermuthung Raum, dass manche ältere Angaben an grossen Fehlern leiden.[1]) Andererseits beziehen sich freilich selbst jene jeweilen nur auf die jetzige Sohle des See's und geben uns keinen Aufschluss über den Antheil, den der Schutt der Flüsse an der Erhöhung der Sohle haben mag.[2])

Man wird daher der Schuttauffüllung wohl an allen Stellen eines See's Rechnung tragen und selbst die sorgfältigst gemessenen Tiefen doch nur als theilweisen Betrag der Entfernung der ursprünglichen Beckensohle von dem Wasserspiegel betrachten müssen.

Bezeichnen wir hiebei die vorhandenen Data nicht mit Zahlen, welche die Mächtigkeit der Wasserschicht, sondern mit solchen, welche die Erhebung der tiefsten Punkte der jetzigen

---

[1]) Bodensee. Querprofile, aufgenommen von dem Kön. Würtemberg. Landesvermessungscommissär Major von Gasser. 1826. 2. Aufl. d. Bodenseekarte. 1857.

Genfersee. Carte des principales sondes du Lac Léman, par H. F. de la Bêche. 1827.

Neuenburger- und Murten-See. Guyot, Notice sur la carte du Fond des Lacs de Neuchâtel et Morat. Mém. Soc. des Sc. natur. de Neuchâtel III. 1845.

Luganersee. Lavizzari, Carta delle Profondità del Ceresio. Lugano 1859.

Thuner- und Brienzersee. Tiefenkarten, ausgefertigt auf d. topographischen Bureau Bern, 1867, durch F. Lindt.

Zürchersee. Topograph. Karte des Cantons Zürich 1:25000. Blatt 18, 22, 26, 27, 31, 32.

Comer- und Gardasee. Topogr. Karte des lombard.-venetian. Generalstabs.

[2]) Einzelne neuere Erfahrungen scheinen zwar anzudeuten, dass See'n, welche ihren wesentlichen Zufluss an Schutt nur an ihrem obern Ende empfangen, nur auf kleinen Strecken an Wasserraum verlieren. (Hartmann, Memoriale über die Rheincorrection längs der schweizer. und k. k. österreichischen Grenze. 1859. p. 21.) Andererseits machen die überraschenden Ergebnisse der Tiefenmessungen an den See'n von Brienz und Thun, welche einen fast vollkommen ebenen Boden von nur 261 und 217 M. Abstand vom Wasserspiegel auf deren ganzer Länge ergaben, wahrscheinlich, dass die Schuttauffüllung nicht überall local bleibt.

Wassersohle über Meer angeben, so ergiebt sich folgende Zusammenstellung, die wir der frühern über die Meereshöhe des Wasserspiegels gleich gruppiren.

Nordabhang.			*Südabhang.*		
Thun.	Brienz.				
343.	305.				
Luzern.	Zürich.		Maggiore.	Lugano.	Como.
177?	266.		— 657.	— 8.	— 391.
Genfersee.		Bodensee.	Iseo.	Garda	
75.		122.	— 148.	— 219.	
Neuchâtel.	Murten.	Biel.			
291.	387.	356.			

Die Vergleichung dieser Zahlen mit den Meereshöhen der Wasserspiegel lässt zunächst eine gewisse Analogie zwischen den beiden Werthen nicht verkennen. Niedrige Lage der südlichen Seebecken und stufenweise Vertheilung der nördlichen tritt in ähnlicher Weise zu Tage wie dort. Nur erscheint die Depression des Genfersee's hier bedeutend stärker als für sein Niveau und wenigstens die zwei kleinern jurassischen See'n liegen selbst auf höherer Basis als die intraalpinen von Brienz und Thun.

Ueberraschend ist das Ergebniss an den italienischen See'n, deren Boden allgemein unter Meeresniveau liegt, für den L. Maggiore nur 43 M. höher als die Sohle des todten Meeres, und ähnlich wie der Boden des von marinen Robben bewohnten Baikalsee's. Es sagt uns, dass das adriatische Meer, wenn es Zutritt hätte, in alle grössern See'n am Südabhang der Alpen verschieden weit eintreten und im Lago Maggiore an der tiefsten Stelle sogar eine Wasserschicht von 657 M., im Comersee von 391 M. Tiefe bilden würde und drängt somit die Frage auf, ob gar ein Theil des Tiefwassers dieser See'n noch Ueberrest einer frühern Meeresfüllung sein möchte. Selbst in Betracht des grössern Gewichtes von Seewasser und der grössern Ruhe tieferer Schichten von grossen Wassermassen lässt indess der Blick auf den seit langer Zeit unausgesetzt erfolgten Zufluss von Süsswasser etwa eine chemische Prüfung des Tiefwassers dieser See'n ziemlich überflüssig scheinen. Wohl aber weisen bekanntlich eine kleine Anzahl Fische und noch sicherer eine Krebsart, die den Gardasee bewohnt, mit grosser Wahrscheinlichkeit, ja fast mit Gewissheit darauf, dass wenigstens für diesen See eine Verbindung mit dem Meere vorübergehend bestanden hatte.[1])

Immerhin läge hierin nur ein Wink, dass Meer einst in die Oeffnung des Etschthales

[1]) E. von Martens, Ueber einige Fische und Crustaceen der süssen Gewässer Italiens. Troschel's Archiv für Naturgeschichte, 1857, p. 149, mit dem wichtigen Zusatz von Siebold in Sartorius von Waltershausen, Climate der Gegenwart, 1865, p. 365. S. auch meine Schrift über die Herkunft unserer Thierwelt. 1867, p. 19.

eintrat, ohne durch die jetzt vorliegenden Niederungen der Lombardei gehemmt zu sein. An der Bildung des Thales selbst kann sich das Meer unter keinen Umständen betheiligt haben;[1]) vielmehr hätte es dasselbe nur mit marinen Sedimenten füllen können. Gerade der oben versuchte Nachweis, dass andere Kräfte als Wasser zur Erklärung mancher der grössten Querthäler unserer Alpen durchaus entbehrlich scheinen, nöthigt zu der Annahme, dass selbst so tiefe Rinnen, wie die des L. Maggiore einst der Wirkung der Atmosphäre in ihrem ganzen Verlauf ausgesetzt sein mussten und dass die Versenkung unter Meeresniveau nicht ein locales, sondern ein auf grossen Umfang ausgedehntes Ereigniss war, das der Bildung der Thäler erst nachfolgte. Anschoppung der Thalausgänge mit marinen Sedimenten würde die nächste Folge eines solchen Ereignisses gewesen sein; aber wir dürfen nicht hoffen, dieselben unter den massenhaften Schuttanhäufungen aus dem ganzen Circus des Po-Gebietes (s. B. Studer, physikalische Geographie II, p. 232) je wieder aufzufinden. Eher dürften wir secundäre Folgen einer solchen Senkung in den im ersten Abschnitt dieser Arbeit beschriebenen Etappen suchen, welche die Thalsohle der Leventina stufenweise tiefer legten.

Am Nordabhang der Alpen fehlt der Nullpunkt, den das Meer für Abschätzung von Hebung und Senkung von Festland bietet. Jede Messung solcher Bewegungen stützt sich daher nur auf Relationen zwischen Punkten, deren Lage zu gegebener Zeit mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit vermuthet werden kann. Nichtsdestoweniger ergeben sich auch hier aus der Meereshöhe der Seesohlen einige wichtige Gesichtspunkte.

Die Messung der Distanzen, welche nothwendig wären, um auf heutiger Oberfläche die See'n, wenn auch nur auf horizontaler Unterlage zu drainiren, ist vielleicht geeignet, das richtige Verständniss in diesem Punkte am meisten zu erleichtern. Die Vergleichung der Meereshöhe der Seesohlen mit gleich hohen Punkten der dazu gehörigen Flussbette zeigt, dass es einer gleichförmigen Ausgrabung des Rheinbettes bis nach Kehl bei Strassburg (137 M.) bedürfte, um den Bodensee und den See von Uri zu entleeren, bis Rheinfelden (263 M.) für den Zürichsee, während zur Drainirung der See'n von Neuchâtel, von Thun und Brienz eine fortlaufende Rinne bis Waldshut (313 M.) genügen würde. Der Bielersee würde schon in dem Niveau der Aare bei Wildegg (355 M.), derjenige von Murten bei Olten auslaufen, während das Bett der Rhône erst unterhalb Valence unter die Sohle des Genfersee's fällt. Der Nullpunkt des Rhein-

---

[1]) Aus der ausgedehnten Litteratur über diesen Gegenstand begnüge ich mich, folgende für Meereswirkung competente Autoritäten anzuführen:

J. Dana, On Denudation in the Pacific. Newhaven 1850.

— —, Address before the American Association for the Advancement of Sc. 1855.

Beete Jukes, Address to the Geological Section of the British Association at Cambridge. Dublin 1862.

Whitacker, On subaërial Denudation. Geolog. Magazine, Octob. 1867.

Greenwood, Valley-Terraces. Geolog. Magazine, May 1867.

pegels bei Basel (245 M.) liegt also tiefer als die Sohlen aller Randsee'n nördlich der Alpen, mit Ausnahme des Boden-, des Urner- (?) und des Genfersee's.

Die wichtigsten Gesichtspunkte, welche bei der Beurtheilung der Entstehungsart der grossen See'n erwogen werden müssen, scheinen mir hiemit vorzuliegen; ich resümire sie in Folgendem. Obschon auf Sohlen von verschiedener Höhe ruhend und mit ihrem Spiegel in verschiedene Niveau's reichend, liegen doch alle See'n zwischen Alpen und Jura — vom Bodensee bis zum Genfersee — diesen selbst nicht ausgenommen, in der natürlichen Drainirungslinie der Alpen und grösstentheils im Verlauf oder in der Fortsetzung von grossen Querthälern, welche sehr tief in die erste grosse Kammlinie der Alpen, theilweise selbst in die südlich vorliegende von Wallis und Graubünden hinaufragen — zum kleinern Theil in der Rinne längs des Jura. Selbst die kleinern See'n auf den Plateau's des Aargau und östlich vom Zürchersee — welche heute kein Wasser aus den Alpen empfangen, folgen der allgemeinen Richtung. Nur der westliche Theil des Genfersee's, der heute der Rhône ihren Ausgang nach Westen anweist, macht von diesem Gesetz eine Ausnahme, die sich indess durch Störungen eines früher normaleren Zustandes erklären lässt.

Zwischen den See'n und den Alpenflüssen besteht somit eine enge Beziehung, die zwar in einzelnen Fällen nachträglich gelockert oder gelöst worden ist, allein um so inniger wird, je mehr wir uns frühere Zustände zurückrufen. Da wir keinerlei Kräfte kennen, welche Querthäler auf lange Distanzen fortzusetzen vermögen, als fliessendes Wasser, so ist wohl der Schluss berechtigt, dass die Beziehung zwischen See'n und Flüssen eine nothwendige, oder dass die See'n als einstige Flussthäler anzusehen sind. Heutige Gletscherwirkung bringt nur Politur harter Basis zu Stande und horizontales Vorschieben schon gelockerter Materialien — aber keinerlei Bohrung, und fällt also als Mittel der Seebildung gänzlich ausser Betracht.[1]) Allein die jetzigen Flussrinnen genügen in keiner Weise, um die jetzige Begrenzung der Seethäler zu erklären, da alle diese See'n nur noch oberflächlich abfliessen und somit blinde Becken bilden. Allerdings ein negatives Resultat, aber doch insofern nützlich, als es uns durchblicken lässt, dass vielleicht unter veränderten Verhältnissen der gedachte Factor dennoch zur Erklärung ausreichen möchte.

---

[1]) Die von Mortillet und Gastaldi befürwortete Theorie der »Réexcavation« der Seethäler durch Gletscher stösst auf unübersteigliche Hindernisse, die sich kurz in folgender Weise resümiren lassen. Auf die Frage, was trafen die Gletscher bei ihrem Vorrücken an, sind nur drei Antworten möglich:

Entweder festen Fels — ein Fall, der trotz der Autorität von Ramsay und Tyndall, die sich daran knüpft, von vorn herein Ausgrabung von Thälern unbedingt abweist.

Oder Gerölle — auch in diesem Fall würden Gletscher zur Erklärung der Thalbildung wohl kaum ausreichen.

Oder endlich Wasser. Hiegegen sträubt sich einmal die jetzige Erfahrung über das Verhalten vorrückender Gletscher zu Wasserbecken und überdies bleibt in diesem wie in dem vorherigen Fall die Frage über die Entstehungsart der Rinne offen.

marinen als der ihr aufliegenden Süsswassermolasse lässt nicht zweifeln, dass die Drainirung des Bassins hauptsächlich in der Richtung nach Osten stattfand. Das ganze Gebiet vom Genfersee bis zum Bodensee war in offener Verbindung mit dem schwarzen Meere. Mit andern Worten: die gesammte Oberfläche der Schweiz nördlich der Alpen gehörte während des Verlaufs der Meeres- und der ihr folgenden Süsswasserablagerung vorwiegend zum Quellgebiet der spätern Donau, und die Oeffnungen des Thales, welche heute die Gewässer des Wallis im Westen — diejenigen der übrigen Schweiz im Norden, von Brugg und von Schaffhausen an durch Einschnitte des Juragebirges nach dem Mittelmeere und nach der Nordsee hinausführen, waren entweder gar nicht vorhanden, oder nur so oberflächlich, dass Sedimente in ihnen nicht Stand hielten. Das Fehlen von Tertiärgesteinen in den Flussbetten der Rhône und des Rheins, von da an, wo sie das grosse Molassethal verlassen, ist in dieser Beziehung von nicht geringer Tragweite. Bestanden je zwischen den verschiedenen Wasserbecken, welche innerhalb und ausserhalb des schweizerischen Tertiärthals Sandsteine ablagerten, Verbindungscanäle, so müssten sich wenigstens Ueberreste dieser Ablagerung in ihnen vorfinden. Es ist kaum denkbar, dass sie nachträglich völlig weggeräumt worden wären. Auf dem Zwischenraum zwischen dem heutigen schweizerischen Tertiärthal und den tertiären Niederungen des Rhônegebietes ausserhalb des Jura findet sich heute keine einzige Stelle mehr, wo Tertiärgesteine irgend einer Epoche von beiden Seiten zusammenfliessen. Sollte auch, was sehr wahrscheinlich ist, an irgend einer Stelle dieser Gegend ein westlicher Ausgang von schweizerischen tertiären Wasserbecken bestanden haben, so konnte er mindestens nur ein beschränkter und vorübergehender sein und immer bliebe damit der Beleg unangetastet, dass die jetzige Drainirungsrinne, das Rhônebett, sich erst nach Abfluss der Molasse-Wässer bildete.[1])

[1]) S. hierüber vorzüglich die wichtige Abhandlung von E. Suess, Untersuchungen über den Charakter der österreich. Tertiär-Ablagerungen. Sitzungsberichte der math.-naturw. Classe d. kais. Acad. d. Wissensch. 1866. p. 87, 242, 245 etc.

An einer vorübergehenden Communication zwischen dem Mittelmeer und dem schwarzen Meere zu irgend einer Epoche der Tertiärzeit in der Umgebung von Chambéry ist kaum zu zweifeln, wie sie denn auch von verschiedenen Autoren dargestellt worden ist. (O. Heer, Karte von Europa zur miocenen Zeit in d. Unters. über das Klima und die Vegetationsverhältnisse des Tertiärlandes. 1860. Godwin Austen, Belgian Tertiaries. Quart. Journ. Geol. Soc. 1866, p. 240.) Heutzutage scheint indessen in jener Gegend keine einzige Stelle mehr zu existiren, wo nicht Jura- oder Kreideketten den Durchpass nicht nur gleichaltriger, sondern überhaupt tertiärer Gesteine sperren. Die geologische Karte von Frankreich lässt in der Gegend des tiefliegenden Lac du Bourget (61 M. unter dem Genfersee), wo secundäre und tertiäre Ablagerungen so vielfach fingerartig ineinandergreifen, nicht eine einzige Brücke erkennen, wo die Molassen des Genferbeckens mit denjenigen der Dauphiné zusammenstossen. Andererseits finden sich auf dem Verlauf der Rhône von Genf bis ausserhalb des Jura zwei Stellen, wo Tertiärgesteine im Bette dieses Flusses durchaus fehlen: erstlich auf dem kurzen Stück über Yenne, wo die Rhône zwischen der Jurakette, die sie vom Lac du Bourget trennt — und einem langen Zug von Kreide verläuft, der sich bis zum Lac d'Aiguebellete hinzieht; und wieder auf der langen Strecke, wo sie zwischen Morestel und Lagnieu eine breite Zone massiven Jura's in vollkommen querer Richtung durchsetzt.

Für das Rheinthal ist dieser Schluss noch dringender. Die geologische Karte der Umgebung von Waldshut, von Schill, sowie diejenige von C. Mösch,[1]) weist nach, dass der Rhein bei Kaiserstuhl das Gebiet tertiärer Gesteine verlässt, um erst bei Basel wieder in solche einzutreten. Noch ausschliesslicher als für das Rhônethal geht daraus hervor, dass die Wasserbecken, welche in der Tertiärzeit den Fuss des Jura innerhalb der Schweiz und in der Gegend von Basel bespülten, in keinerlei directer Verbindung standen. Das eine war eine Dependenz des schwarzen Meeres und ist es noch heutzutage bis in die Gegend, wo jetzt der Rhein in das Gebiet des Jura eintritt; die Donauquellen greifen sogar noch ein gutes Stück weiter nach Westen in den Schwarzwald ein, als bis in den Meridian von Kaiserstuhl. Das andere war Dependenz der Nordsee, und die letzten Buchten des Mainzer Beckens liegen in der Nähe von Basel und in den Jurathälern von Delsberg.[2]) Wenn auch in der Westschweiz südjurassische Tertiärgesteine in manchen Buchten in die Jurathäler ähnlich hinaufragen, wie nordjurassische von Basel her nach Delsberg, so ist keine Stelle bekannt, wo gleichaltrige Tertiärgesteine von beiden Seiten sich so die Hand böten, dass eine Communication von tertiären Wasserflächen über dem Jura weg belegt wäre.[3]) Die Zufügung des Wassergebietes östlich von der im ersten Abschnitt

---

[1]) J. Schill, Geol. Beschr. d. Umgebungen von Waldshut. Beiträge z. Statistik d. innern Verwaltung des Grossherzogth. Baden. Heft 23. 1866. Eine Abhandlung voll wichtiger Thatsachen für unsern Gegenstand. S. besonders p. 15, 17, 31. C. Mösch, Geolog. Beschr. des Aargauer Jura. 1867. Blatt III des geolog. Atlas der Schweiz. Text p. 220, 225 etc. Desselben Geol. Beschr. der Umgebung von Brugg, 1867, p. 70.

[2]) P. Merian, Darstellung der geolog. Verhältnisse des Rheinthals bei Basel. Verhandl. d. schweiz. naturf. Gesellsch. 1856, p. 22—25.

[3]) Für die tongrische Stufe ist dies unbestritten. Für die spätern Abschnitte der Tertiärzeit ist im westlichen (Jaccard a. a. O. p. 247—250) so gut wie im östlichen Jura (C. Mösch a. a. O. p. 218) an einer Persistenz von Festland in der Richtung dieser Kette ebenfalls kaum zu zweifeln. Selbst da, wo Tertiärbuchten am reichlichsten in die Jurathäler hineingestreut sind — in der Linie zwischen Biel und Basel — scheint eine Communication zwischen den Niederungen am Nord- und am Südfuss des Jura zu keiner Periode der Tertiärzeit anders bestanden zu haben, als wie wir sie uns bei Chambéry denken mögen, als oberflächliche und vorübergehende Berührung von Buchten ruhigen Wassers, die in den nachfolgenden Perioden von Thalbildung niemals einem Strome Durchpass liessen.

S. hierüber einerseits B. Studer, Geologie d. Schweiz II, p. 358 u. f., 373, 393, andererseits Greppin, Essai géologique sur le Jura suisse. 1867. p. 126—140, bes. 134, 135.

Viel wahrscheinlicher als eine Verbindung der zwischen Alpen und Jura endenden Bucht des schwarzen Meeres mit den transjurassischen des Mittelmeeres und der Nordsee ist eine, wenn auch nur oberflächliche und vielleicht nur kurze Zeit andauernde zwischen beiden letztern in der Gegend von Vesoul oder von Montbéliard, wo der Doubs in ähnlicher Weise aus einer in früherer Zeit doch sicherlich eher nach Basel fortgesetzten Richtung plötzlich nach Westen zurückkehrt, wie der Veyron an dem Hügel von Mormont, über welchem sich erst erratische Bildungen von beiden Seiten die Hände reichen. Denken wir uns auf Blatt III des hypsometrischen Atlas v. M. Ziegler die braune Farbe als tertiäre transjurassische Meeresbuchten, später als allmählige Flussrinnen, so wird die Vertheilung der blossen Niveau's der Karte wohl auch ein ziemlich genau zutreffendes Bild der Vertheilung der tertiären Formationen geben — ein Wink unter vielen, wie wichtige

bezeichneten Stelle zwischen Limmat und Glatt, sowie des ganzen Wassernetzes von Graubünden zu dem Quellgebiet des Rheins, oder die Abschnürung dieser ausgedehnten Landstrecken von dem Quellgebiet der Donau war daher so gut ein nachträgliches Ereigniss wie die Ablösung des Wassernetzes von Wallis zu Gunsten des Mittelmeeres. Und sowohl die Durchschneidung des westlichen Jura durch die Rhône, als die Durchsägung seines östlichen Theils durch Aar und Rhein werden einer Periode angehören, die der Trockenlegung der obern Süsswassermolasse erst nachfolgte.[1]) Ja die reichliche Verbreitung erratischer Materialien auf dem ganzen rechtsrheinischen Gebiete des Cantons Schaffhausen,[2]) sowie die mehrsagende Zerstreuung von Phonolithen des Höhgau in den Kiesgruben von Diessenhofen, Feuerthalen, Kohlfirst[3]) lässt selbst der Vermuthung Raum, dass die Bewegungen des Bodens, welchen die jetzigen Flussrichtungen und namentlich der Austritt des Rheins — von Alpenwasser überhaupt nach Nord ihren Ursprung verdanken, in eine weit spätere Periode fielen.[4])

Den Jura lassen diese Verhältnisse als eine Reihe von Ketten in der jetzigen Richtung denken, die sich indessen wohl nur wenig über die Endbuchten der drei jetzt so weit von ihm entfernten Meere erheben konnten. Während der ganzen Dauer der Ablagerung von Molasse scheinen auch die Thäler des Jura und der Alpen Massen von Schutt in Form jurassischer und alpiner Nagelfluh in das abwechselnd süsse, abwechselnd salzige Wasserbecken geführt zu haben. Die unbestimmte geographische Begrenzung der Nagelfluhmassen nach Nord, ihr inniges Eingreifen in die drei Sandsteingruppen lassen einerseits — die häufige Einlagerung von Sandsteinbänken aus gleichem Material wie die von den Ufern entfernten feinkörnigen Sedimente in die massiven Haufen von Nagelfluh, sowie das Vorkommen mariner Muschelreste in dem Cement

---

geologische Thatsachen in guten hypsometrischen Karten wenig-dislocirter Gegenden verborgen sein können. In dem vorliegenden Fall erstrecken sich die nördlichsten Quellen des Rheins bis Delsberg und in die Nähe von Waldshut, diejenigen der Rhône bis Montbéliard und Vesoul, ein Verhalten, an dessen wirklichem Bestand während einer langen Periode kaum zu zweifeln ist. Vgl. hierüber die geolog. Karte v. Frankreich. Ferner Elie de Beaumont, Ann. des Sc. naturelles. XIX. 1830. p. 41 u. f. Sc. Gras, Bulletin Soc. géol. de France. 1858, p. 183.

[1]) Is. Bachmann, über petrefactenreiche exotische Jurablöcke im Flysch des Sihlthales und Toggenburgs, 1863, p. 31, 32, hat für die frühere Zugehörigkeit des Alpen-Jurathales zum Régime der Donau eine Anzahl wichtiger Belege beigebracht. Ich sehe indess nicht ein, warum der obermiocäne »Anti-Rhein«, wie Bachmann die damalige nach Ost gerichtete Strömung bezeichnet, nicht passender Aare oder geradezu Donau heissen sollte, da die Rheinquellen damals wohl kaum weiter als bis Laufenburg, Delsberg und Montbéliard reichten, ungefähr so, wie Blatt III des hypsometrischen Atlas von Ziegler das Niveau unter 1000 Fuss um Basel zeichnet.

[2]) A. Escher v. d. Linth, die Gegend von Zürich in der letzten Periode der Vorwelt, 1852, p. 23. Schill, Umgebungen von Waldshut, p. 25. F. Merklein, Beitrag zur Kenntniss der Erdoberfläche um Schaffhausen, 1869, an sehr vielen Stellen.

[3]) Mösch, Aargauer Jura, p. 250. Merklein, a. a. O. p. 5, 16.

[4]) J. Schill, die Tertiär- und Quartärbildungen des Landes am nördlichen Bodensee und im Höhgau, 1858, p. 4, 17, 72. J. C. Deike, das Erratische und das Diluvium, 1860, p. 11, 13. Ich weiss wohl, dass solche

der letztern lassen andererseits vermuthen, dass littorale Schuttkegel jeweilen in die von den Ufern entferntern Tiefwasserbildungen bis auf weite Strecken in gleicher Weise eingriffen, wie dies heutzutage am Eintritt mancher Alpenflüsse in die See'n der Fall sein mag.

Doch muss der Vorgang an beiden Ufern in sehr ungleicher Intensität bestanden haben. Das Fehlen von Molassen in den Alpenthälern weist auf eine scharfe geographische Begrenzung der Alpen — vielleicht etwa in Form jener langgestreckten Riffe, welche heute an der Grenze zwischen tertiärem und secundärem Gebiet der Alpen hinlaufen, sowie das ungeheure Ueberwiegen der alpinen Nagelfluhen über jurassische schon für damals ein grösseres Volum der Alpen verkündet.

Bringen wir ferner die heutige Gipfellinie des ëocenen Alpengesteins, welche gerade längs jener bis 8000 Fuss hohen Kante verläuft, die wir früher im Grossen genommen als an dem ältern Theil der Alpen wie ein Crêt des Jura an der ältern Voûte klebend darstellten, unter einen tertiären Meeresspiegel, der an seinen Ufern grobe Sandsteine — ein littorales an Nummulitenschalen reiches Gebilde — in seinen grössern Tiefen feine Sandsteine und Schiefer, den Flysch in ähnlicher Weise absetzte, wie heute ein Rahmen littoraler Nagelfluh die Tiefwassergebilde der Molasse einfasst: so erhalten wir eine ältere Phase eines Vorganges von grosser Analogie mit dem, der uns beschäftigt. Nämlich wieder ein niedriges, aber doch schon über das Meer hinausragendes und grosse Säugethiere ëocenen Alters tragendes, von Kreide bedecktes Littoral des Jura und ein ohne Zweifel weit höheres, vielleicht damals von Riffen jurassischen Alters umsäumtes Alpengebirge. Schon damals musste daher letzteres trotz der um 8000 Fuss tiefern Basis Thäler haben und Schuttkegel in gleicher Richtung in das ëocene Meer hinaussenden, wie später in das miocene und heute — wo jünger-tertiäre Riffe ein von Flüssen durchfurchtes Hügelland von etwa 600 M. mittlerer Meereshöhe durchsetzen — in die See'n. Die Wiederholung derselben Gesteine in den berühmten Blockanhäufungen des Flysch von Habkern, Gurnigel etc. und in der spätern Nagelfluh scheint dieser Anschauung nicht zu widerstreben.[1])

Fälle sorgfältige Localprüfung erheischen. Ihnen gegenüber steht ein von Schill, Umgebungen von Waldshut, p. 25, erwähnter Fall, wonach bei Schwaderloch gegenüber Hauenstein zwei Blöcke von gut erkennbarem Albgranit, also vom rechten Rheinufer stammend, gerollt und von nicht weniger als 6 und 9 Fuss Durchmesser am linken Ufer über Rheindiluvium liegen.

[1]) In den Hügelreihen zwischen Luzern und Zug ist das Verhalten der anticlinalen Mergel mit den eingelagerten Nagelfluhbänken zu den Sandsteinen, von welchen sie auf beiden Seiten eingeschlossen sind, schon jetzt dem Verhalten der eocenen Nagelfluh, die der Flysch von Habkern enthält, ziemlich ähnlich. Und man möchte glauben, dass eine fernere Senkung des noch übrig gebliebenen Theils der Niederung zwischen Jura und Alpen unter Meer und eine ihr entsprechende neue Hebung im Gebiet der Alpen, eine neue Zone ähnlichen Charakters zu Tage bringen und die Erosionssphäre der Alpen dem Jura nach in höherem Maasse nähern müsste. Die Frage nach der Quelle der nicht-alpinen Gesteine der Nagelfluh bleibt hiebei immerhin eine grosse Lücke. Die paar Worte in B. Studer Monographie der Molasse, 1825, p. 173, sind hier in Erinnerung zu bringen.

Sowohl die Mächtigkeit der eocenen Gesteine der Alpen als diejenige der Nagelfluh und Molasse belegen des Weitern sehr langsame Senkungen beider Meeresboden, des eocenen wie des miocenen; und anticlinale Linien, wie sie heute im Nagelfluhgebiet der Alpen vorliegen, scheinen schon in der frühern Festlandperiode, welche der Eocenzeit folgte, in der gleichen Richtung die Gesteine der letztern durchzogen zu haben.

Dabei darf man nicht übersehen, dass die Hebung über Meer in den verschiedenen Perioden am Südrand des Tertiärthales jeweilen viel höhere Grade erreichte, als am Nordrand. Sie betrug am Jura seit der Eocenzeit, wenn wir uns die damalige Thierwelt als eine littorale denken, nur etwa 1400 Fuss (ungefähr die mittlere Höhe des jetzigen jurassischen Eocenes über Meer), während Festland-Bildungen gleichen Alters in den Alpen in Höhen von 8000 Fuss zu suchen wären.

Wir dürfen ferner kaum zweifeln, dass diese Hebungen jeweilen lineare waren, oder mit andern Worten, dass ihnen Senkungen parallel gingen, und sowohl die Purbekschichten am Schluss des Jurameeres als die Süsswasserschichten am Ende der Nummuliten-Epoche[1]) — die Vorgänger der obern Süsswassermolasse — sprechen so gut für die grosse Langsamkeit solcher Vorgänge, als die Modificationen, welche die tertiäre Thierwelt zwischen der Wiederkehr des miocenen Meeres an die Stelle des eocenen erlitt.

See-Riegel.

Wenn das Vorhergegangene auch geeignet sein mochte, den Beweis zu liefern, dass die grossen See'n in der Richtung natürlicher Linien liegen, welche seit sehr alter Zeit trotz verschiedener Unterbrechungen durch stehende Wasserbecken immer von neuem die Niederschläge aus den Alpen nach Nord und nach Ost abführten, so entziehen sich die Seebecken immer noch durch ihre Tiefe einer Einfügung in einen wirklichen Flusslauf. Ich zeigte oben (p. 59), welcher Rinnen es bedürfte, um aus den ruhenden See'n bewegliche Wasserläufe herzustellen.

Von solchen Rinnen existirt indessen, wie der Thatbestand lehrt, heute keine einzige, und es fragt sich also, ob sie nur nachträglich verwischt seien und in der Tiefe doch bestehen möchten. Für einige See'n ist dies insofern höchst wahrscheinlich, als wenigstens die ersten Schwellen von anstehendem Gestein im Thale, welches den Ausfluss einiger See'n weiter führt, erst durch

[1]) Mittheilung von Herrn Rathsherrn P. Merian an d. naturf. Gesellsch. in Basel (8. Jan. 1862) über Süsswasser-Conchylien in den obersten Lagern der Ralligstöcke. Die marinen Ablagerungen des Amphisylenschiefers nördlich vom Jura — wohl aus nicht sehr davon verschiedener Epoche — können hiebei nicht übersehen werden. (Suess, Wiener Sitzungsber. 1866. LIV. I. p. 119 etc.

den Jura gebildet werden, der überhaupt allen See'n des Tertiärthales eine Grenze setzt. So verhält es sich für den Genfer- und Bodensee, deren feste Rinnsale, so weit bekannt ist, bis an den Jura, oder am Bodensee bis an die dem Jura vorliegenden eruptiven Gebilde stossen.

Halten wir uns hiebei, wozu alles Recht vorliegt, nicht nur an den Jura selbst, sondern zählen wir dazu auch die jüngern Gesteine, welche in Folge des Daseins von Jura Abschlussschwellen für Seebecken werden konnten, so fallen zwei weitere Seegebiete in dieselbe Rubrik: erstlich der See von Zürich, dessen Rinne wenigstens einen sichtbaren Abschluss erst in den von der Aufrichtung der Lägern gehobenen Sandsteinen der Umgebung von Baden findet; zweitens die jurassischen See'n im engern Sinn des Wortes, deren eigentlicher Abschluss in gleicher Weise erst bei Solothurn [1]) und überdies noch bei Olten und zum drittenmal bei Schinznach zu Stande kommt; — überall im vollsten Sinn des Wortes durch Riegel, die ihnen der Jura in Form von kleinen Ketten (St. Verena, Born, Wülpelsberg) vorschob, welche auch die Sandsteine ihrer Umgebung mitgehoben haben. Dass der jetzige Ausfluss des Bielersee's durch eine Schwelle von Nagelfluh erschwert ist, welche am Pfeidwald bei Bürglen die Ziehl durchsetzt,[2]) fällt hier ausser Betracht, da wir die alte Thalrinne der Jurasee'n sicher nicht bei Gottstatt, wo diese jetzt ablaufen, sondern am unmittelbaren Fuss des Jura suchen müssen.

Eine weitere Hülfe leistet der massive Jura. Es ist unverkennbar, dass die früher gedachte Erhebungslinie, der wir die Abschnürung des Genfersee's von dem von Neuchâtel zuschrieben, nicht die einzige ist, die in querer Richtung grosse Theile des Jura durchzieht. Die kleine Verschiebung, welche der Lauf des Doubs bei Biaufonds erlitt, ist derjenigen, welche den Lac de Brenet vom Lac de Joux abknickte, merkwürdig ähnlich, und von Biaufonds zieht eine Linie von Dislocationen quer durch den Jura bis in die jetzige Unterbrechung zwischen Neuenburger- und Bielersee, welche stückweise mit derjenigen von Pontarlier nach Mormont so viel Analogie'n zeigt, dass man versucht sein möchte, Kreideriffe wie bei Entreroches, Chamblon, Chevressy auch unter den Sandsteinhügeln von Jolimont und Brütteln zu vermuthen. Die plötzliche Umkehr des Doubs bei St. Ursanne erscheint wie ein nördlicher Anfang einer dritten Linie, welche mit geringern Unterbrechungen als die vorige genau auf das untere Ende des Bielersee's und auf die Molassenhügel von Gottstatt und Belmont trifft und auf ihrem Wege eine Anzahl ausgezeichneter Clusen — bei Sonceboz selbst eine Knickung des Thals

---

[1]) Deike a. a. O. p. 11. Mousson, Geolog. Skizze d. Umgebung von Baden. 1840. p. 77, 99 etc. F. Lang, Geolog. Skizze d. Umgebung v. Solothurn. 1863. p. 14. Von Solothurn an scheinen die Molasseriegel in der Aar sich öfters zu wiederholen, so bei Attisholz, Bannwil etc. Koch, Bericht der Schwellencommission über die Aar, Ziehl, den Murten-, Neuenburger- und Bielersee. 1816. p. 16. Ich kann nicht umhin, auf die vortreffliche Schilderung d. Gegend zwischen Entreroches und Solothurn in p. 6—10 dieses Berichtes aufmerksam zu machen, sowie auf die gleich trefflichen Bemerkungen über diese Gegend in B. Studer Monographie d. Molasse. p. 11.

[2]) Koch a. a. O. p. 24.

der Suze berührt, welche zu derjenigen des Doubs bei Biaufond und der Orbe bei le-Pont eine beredte Parallele liefert.

Solche Bewegungen sind nun allerdings geeignet, uns für den Abschluss der Jurasee'n noch effectivere Riegel aufzudecken, als die Schuttkegel der Saane und der Aare sie zu liefern vermöchten. Ja es ist unmöglich, diese Spuren von Dislocationen nicht noch in grösserem Lichte zu betrachten. Es kann schwerlich Zufall sein, dass die letztgenannte Linie von St. Ursanne nach Biel gleichzeitig die Ostgrenze fast aller tertiären Ablagerungen in den Jurathälern dieser Gegend bildet und dass deren Westgrenze auf den vorgeschobenen Jurahügel von St. Verena und auf die Einschnürung des Aarthals zwischen den Sandsteinhügeln bei Solothurn fällt. Ebensowenig kann man sich erwehren, diese Bewegungslinien, welche sich etappenweise über die genannten kleinen Vorschiebsel des Jura bei Aarburg, Schinznach und Baden nach Osten ausdehnen, ausser Verbindung zu lassen mit der im ersten Abschnitt dargestellten etappenweisen Vertheilung der Molassen verschiedenen Alters in dem grossen Tertiärthal und mit der ebendaselbst berührten analogen treppenartigen Vertiefung der Querthäler, welche sie durchsetzen.[1])

Während also die bisher aufgeführten See'n ihre Riegel vom Jura erhalten haben können — theils in directer Weise wie der Genfer- und Bodensee, theils in indirecter wie die von Neuchâtel und Biel — so zerfallen die übrigen See'n nach der Art ihrer Riegel in zwei fernere Rubriken. Erstlich die seichtern See'n des Molasse-Plateau's. Bekanntlich wurde ihr Abschluss den Morainen zugeschrieben, welche zuerst A. Escher in seiner vortrefflichen Karte über die Verbreitungsweise der Alpenfündlinge[2]) dargestellt hat und welche sich allerdings dem Auge so sehr aufdrängen, dass sie sogar auf Karten von genügendem Maassstab deutlich an den Tag kommen. (S. Blatt II, III der Karte vom Canton Luzern 1:25000.) Doch zeigt sowohl die Anschauung der Gegend als die der Karten, dass sie wenigstens heute die See'n nicht mehr absperren, da ihr Fuss über dem Seespiegel liegt. Der Riegel muss also in den Schuttmassen oder in den Sandsteinen liegen, welche die Thalsohlen der Wigger, der Suhr, der Aa ausfüllen.

Eine letzte Rubrik in Bezug auf Abschluss bilden die See'n des unmittelbaren Alpenrandes. Ihre Riegel bestehen aus Molasse oder Nagelfluh; für den Thunersee zwischen Uttigen

---

[1]) Den sprechendsten Ausdruck findet dieser letztere Umstand in der treppenartigen Succession, in welcher sich von Ost nach West die Thäler von Sempach, Hallwyl, Reuss und Limmat folgen. Ueberblickt man sie von einem günstigen Standpunkt, wie etwa vom Rigi und fasst zugleich die erwähnten successiven Vorschiebsel des Jura an ihrem nördlichen Ausgang ins Auge, so erscheint es, als ob der Lauf der Reuss zwischen Alpen und Jura successiv von West nach Ost in immer geringere Tiefen verlegt worden wäre und als ob eine weitere Bewegung in ähnlichem Sinn — nach einer fernern Untertauchung des Thales unter Wasser — sie schliesslich gar in den Zürchersee lenken möchte. In diesem Licht würde also auch die Ablenkung der Reuss von Luzern nach Gislikon nur allmählig zu Stande gekommen sein.

[2]) A Escher, Ueber die Gegend von Zürich in der letzten Periode der Vorwelt. 1852.

und Heimberg [1]), für den Luzernersee theils innerhalb, theils unmittelbar unterhalb der Stadt Luzern, für den Zugersee bei der Fabrike von Cham, für den obern Zürchersee bei Rapperschwyl.

Eine ältere Serie von Riegeln könnten wir in den Nagelfluhriffen bei Goldau und bei Niederurnen finden, welche die See'n von Lowerz und Walenstadt sperren; und bedürften wir für den letztern sowie für die in noch höherm Grade intra-alpinen von Brienz und Uri noch ältere, so würden sie in entsprechend ältern Gesteinen, in der Kreide vom Brienzergrat, von Rigi-Hochfluh, vom Leistkamm nicht schwer zu finden sein.

Zusammenfassung.

Das Verhältniss zwischen den Randsee'n und den Alpenflüssen gestaltet sich nach diesem Blick auf die Vergangenheit auf der einen Seite zwar complicirter, nach einer andern aber um Vieles einfacher, als wenn wir das Auge nur auf dem heutigen Zustand ruhen lassen. Einfacher insofern, als das Tertiärthal, in welchem die See'n liegen, uns nunmehr als eine Bucht erscheint, die schon seit entlegener Tertiärzeit zwischen einem niedrigen Vorland im Norden und einem weit höhern Gebirge im Süden eingeschlossen, hauptsächlich als Drainirungsebene des letztern diente: nach Norden und Westen jeweilen theilweise, vielleicht selbst ganz geschlossen, dagegen nach Osten — wohin sowohl die wiederholten Süsswasserfüllungen als das dazwischen eingetretene miocene Meer abflossen — jeweilen weit geöffnet und aus den Alpen immer Flüsse aufnehmend, deren Richtung in jeder Festlandperiode immer wieder quer durch das Thal ging, um am Fuss des Jura nach Osten abzulaufen. Einfacher auch — und zwar in noch höherem Grade dadurch, dass es sich ergab, dass die Riegel, welche auch in unsern Gedankengang so resistente Hemmnisse einschalten, beweglich sind und dass sie sich erst während des Verlaufs der Thalbildung vorschieben und so die Thäler in Stücke von verschiedener Geschichte, in permanente Strecken und in Strecken metamorphischen Gepräges abtheilen konnten.

Die Complicationen des Bildes bestehen in den wiederholten Bewegungen, welche diese Drainirungsfläche theils im Ganzen, theils an den Stellen der Riegel betroffen haben. Doch lässt sich auch in ihnen ein gewisses Gesetz insofern nicht verkennen, als ihnen jeweilen am Nordrand eine Art von relativem Nullpunkt gesetzt war, während sie am Südrand weit ergiebiger ausfielen. See'n konnten also zwischen der Wiederkehr des Meeres jeweilen bestanden haben und wohl

[1]) Ueber das Régime der Aare zwischen Thun und Bern siehe Koch, Bericht der Schwellencommission über die Correction der Aar von Thun bis Bern, 1826 — eine nicht minder ausgezeichnete Arbeit als die früher erwähnte desselben Verfassers über die Correction der Aar im Gebiet der Jura-See'n.

guten Theils an ähnlichen oder an denselben Stellen wie heute, da kein Motiv vorliegt, dass die grossen Alpenthäler ihre Lage während so langsamer Bewegungen wesentlich geändert hätten. Ausfuhr von Geschieben aus den Alpen war gewiss seit der Periode, wo Festland im Bereich der heutigen Alpen oder des Jura permanent geworden, niemals unterbrochen und mochte auch an manchen Stellen seit so entlegener Zeit jeweilen denselben Rinnen folgen. Es ist kein Grund ersichtlich, warum nicht Theile des Reussthals, sowie desjenigen von Livinen schon seit der Eocenzeit als Alpenthäler functionirt haben sollten, vielleicht sogar mit See'n, welche dem Eintritt des eocenen Meeres in ähnlicher Weise widerstanden, wie manche heutige See'n beim Wiedereintritt von Meer vom Jura her lange Zeit ihre Selbständigkeit als Süsswasserbecken wahren würden. (S. oben p. 53.)

Richten wir dabei das Auge zunächst nur auf diejenigen Gegenden, die einem solchen Zustand der Wiederkehr des Meeres als Parallele dienen können, nemlich auf das Gebiet horizontaler Molassen, so ist ferner ersichtlich, dass eine neue Bedeckung des schweizerischen Tieflandes mit Süsswasser oder Meer die Thalbildung durchaus nicht nothwendigerweise unterbrechen oder vorher vorhandene Thäler zum gänzlichen Erlöschen bringen müsste. Grosse Wassertiefe würde dies bewirken; aber selbst die grosse Mächtigkeit der Molassen nöthigt keineswegs zu einer solchen Annahme. Vielmehr liegt gerade in der Abwechslung von Süsswasser und Meer und in der stufenweisen Vertheilung der drei Abtheilungen der Molasse von West nach Ost [1]) sowie in dem Gepräge ihrer Thierwelt ein Wink, dass die Wassertiefe niemals eine bedeutende war, und dass die Ablageruug nur Schritt hielt mit einer sehr langsamen Senkung der Unterlage. Selbst die untersten Bänke jeder der drei Molassengruppen konnten sich also in seichtem Wasser gebildet haben und Flüsse aus den Alpen konnten ununterbrochen ihren Weg nach dem Rand des Jura finden, ohne in ihrer Richtung mehr Schwankungen zu erleiden, als wir es unter ähnlichen Umständen noch heutzutage im Kleinen wahrnehmen. Die Bildung der Molassenthäler konnte also mit der Ablagerung der Molasse Schritt halten und auf der hypsometrischen so gut wie auf der geologischen Karte — noch besser freilich beim Ueberblick des Tertiärlandes von passenden Standpunkten — erscheinen allerdings die Rinnen, welche die einzelnen Inseln vorragenden Landes scheiden, sowohl in dem Distrikt der marinen als der obern Süsswassermolassen nicht anders, als wie Furchen, die sich stärkere Strömungen in der Tiefe schlammführender Wasserflächen offen hielten.[2])

---

[1]) Ja wenn wir über die Ostgrenze der Schweizhinausgehen, noch einer Anzahl von fernern. S. E. Suess, Sitzungsber. d. math.-naturw. Classe d. kais. Acad. d. Wissensch. 1863. XLVII. I. p. 314 etc.

[2]) Zu dieser durchaus nicht neuen Anschauung (s. B. Studer, Geologie d. Schweiz. II. p. 345. Mousson, Umgebung v. Baden. p. 85. Kaufmann, Unters. über d. subalpine Molasse. p. 126) lieferte mir der Anblick der Ueberschwemmung des Rheinthals im September des vorigen Jahres merkwürdige Illustrationen. Von Balzers an bis Saletz boten die vom Wasser verlassenen Flächen Bilder, welche in kleinen Verhältnissen

Flussthäler konnten an solchen Bewegungen nicht unbetheiligt bleiben, da diese grossentheils in den Verlauf jener hineinfielen. Weniger am Jura, wo der grosse Wassersammler des Tertiärlandes ja in gleicher Richtung wie das Gebirge verläuft. Dennoch liegt es nahe, die Stauung der Flussrinnen der Cantone Aargau und Zürich zu Seebeken solchen Kräften zuzuschreiben, und wir machten schon oben auf eine Anzahl von kleinern, den Jura in der Richtung von Nord nach Süd durchschneidenden Bewegungslinien aufmerksam, welche geeignet waren, die grosse von West nach Ost laufende Sammelrinne in die einzelnen Partieen zu zerstückeln, welche theils als Seebecken, theils als grosse Ebenen noch den Rest jener Rinne bilden.

In diese Rubrik fallen die Einschnitte, durch welche sich, wohl sehr allmählig und mit der Hebung Schritt haltend, die Aare bei Aarburg und Schinznach, die Reuss bei Mülligen, die Limmat bei Baden durch jurassische Gesteine sägten. Wären diese Riegel rascher aufgestiegen als dass die Arbeit des Flusses sie überwinden konnte, so müssten sie See'n wie die von Sempach und Hallwyl hinter sich veranlasst haben — und es ist nicht gesagt, dass solche nicht kurze Zeit bestanden.

Weit ausgedehntere Folgen hatten dann die Ereignisse, welche — obschon an Umfang wohl kaum erheblicher als die vorigen — sogar im Stande waren, das ganze bisher dem schwarzen Meere tributäre Thal durch Sperrung der Rhône bei Mormont, der Aar bei Baden, des Rheines in der Nähe von Schaffhausen in drei Wassergebiete der Art zu zertheilen, dass fortan die Rhône dem Mittelmeer, die Aare und der Rhein der Nordsee zufielen und der Donau kaum noch einige Wasserrinnen am Nordabhang des Randen treu blieben.

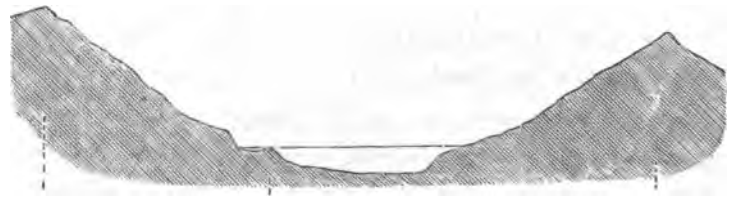
Am Alpenrand kreuzten die Faltungen der Unterlage die Flussthäler noch viel allgemeiner. Die Folge konnte auch hier nur in Unterbrechung oder Ablenkung der Flussrinnen bestehen; und jede Karte legt sie auch in grossartigstem Maasse vor unsere Augen. Ziehen doch die Linien der gehobenen oder gesenkten, der blos in Wellen gelegten oder in Felswände gebrochenen Tertiärgesteine auf der ganzen Linie von Vevey bis Bregenz durch See'n, die dadurch entweder vom Plateauland abgesperrt (See'n von Thun, Luzern und Walenstadt) oder in die Quere gedehnt (Kreuztrichter von Luzern) oder endlich mitten entzweigeschnitten wurden, wie der See von Zug [1]) und vielleicht der alte Walen-Zürichsee.

Auch diese Zerstückelung von Querthälern scheint nur sehr langsam vor sich gegangen zu sein, da die Thalrichtung dadurch nicht überall gestört, sondern oft nur die Sohle der Thäler gebrochen und stückweise nach Süden geneigt, im Bruchrand nach Norden gehoben

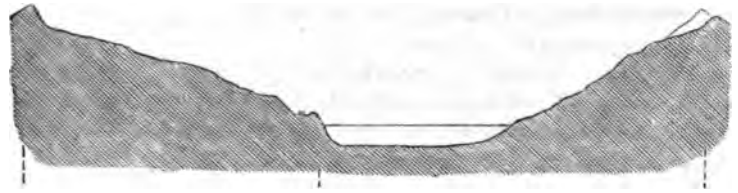
[1]) H. F. J. Kaufmann setzt in seinen vortrefflichen Untersuchungen über d. mittel- und ostschweizerische subalpine Molasse, 1860, p. 132, die Dislocationen des Tertiärgebirgs ebenfalls in Verbindung mit der Gestalt der See'n; allein unter der Voraussetzung, dass diese erst jetzt und in Folge der Dislocation entstanden seien, während mir alles dafür zu sprechen scheint, dass sie als Flussthäler schon vorher existirten und durch die Dislocation nur in Seebecken abgeschlossen wurden. Ihm erscheinen die Seebecken als posttertiäre Spalten-, mir als prätertiäre Faltenthäler.

wurde. Der prachtvolle Einschnitt zwischen Rigi und Rossberg, oder das Thal von Goldau ist wohl das schönste Beispiel von Fractur mit gleichzeitiger Luxation von Thälern, und sie scheint nur so langsam vor sich gegangen zu sein, dass an den Seitenwänden der Charakter eines alten Flussthales der Reuss nicht verloren ging.

Wenn diese Deutung der Beziehung der Hebungslinien der Tertiärgesteine zu der Lage und Form der See'n die richtige sein sollte, so ist es unmöglich, hier stehen zu bleiben. Obschon wir nicht mehr im Stande sind, das Bild des Alpenlandes für die Epoche zu entwerfen, da Rigi und Rossberg noch in horizontaler Lagerung die Seitenwände eines alten Reussthales bildeten, so ist doch schon oben (p. 65) angedeutet worden, dass der damalige Alpenrand zu dem Vorland wahrscheinlich in ähnlichem Verhältniss stand wie jetzt, nur dass wir es mit Gesteinen älterer Ordnung zu thun haben und dass anticlinale Linien und geknickte oder gebrochene Gebirgswellen auch schon damals den Saum des Plateaugebietes bildeten, ohne dass wir nöthig hätten, uns die Alpenthäler an andern Stellen zu denken.[1]) In diesem Falle kann aber die Beziehung zwischen den in der Längsrichtung der Alpen dislocirten Gesteinen der Kreideepoche zu denselben See'n nicht unbeachtet bleiben: der Thunersee, die See'n von Alpnach, Beckenried und Walenstadt erscheinen in diesem Lichte nicht als Spalten — aber als Faltensee'n in früheren Flussthälern; eine Anschauung, womit sich das unerwartete Ergebniss der Tiefenmessung am Thuner- und Brienzersee recht wohl verträgt.[2]) Die Gabelung



Wandfluh (Faulhorn-Kette). Schneckeninsel. Oberried. Schaffalle (Brienzergrat).



Axalpburg (Faulhorn-Kette). Ranft am Giessbach. Tannhorn (Brienzergrat).

[1]) Vergl. hierüber Hébert, Recherches sur les Oscillations du sol de la France septentrionale pendant la période jurassique. Comptes Rendus, 1856, und Observ. sur les Phénomènes qui se sont passés à la séparation des Périodes géologiques. Bullet. Soc. géol. de France. 1859.

[2]) Die hier beigefügten Profile, der Tiefenkarte des Brienzersee's von W. Jacky und F. Lindt 1866 entnommen, beziehen sich auf Stellen des Brienzersee's, wo das steile Gefäll und die grosse Höhe der Thal-

des Reussthales von Brunnen an nach Luzern und Zug mochte somit während einiger Zeit derjenigen des jetzigen Rheinthals bei Sargans nach Wesen und nach Rheineck analog gewesen sein. Auch hier wird wohl das Thal von Zug das ältere sein, weil es der ursprünglichen Drainirungsrichtung der Alpen entspricht.

Periodischer Rückzug und Wiedereintritt desselben Meeres in so langen Episoden, dass die jeweilen nachfolgende Thierwelt Zeit zu der Travestirung fand, welche eocene von miocenen oder noch enger verbundene Generationen von Organismen unterscheiden lässt [2]), mochte also wohl genügen, um Alpenrinnen, welche wenigstens auf einem Theil ihres Verlaufes alle diese Wechsel überdauerten, ausserhalb der Alpen abwechselnd in Seebecken und Flussthäler umzuwandeln. Wiederkehr der Meere erzeugte Flussrinnen, Ablauf der Meere hatte Seebildung zur Folge, und dasselbe Thalstück mochte vielleicht zu wiederholten Malen ruhendes und fliessendes Wasser — extra-alpine See'n selbst Salzwasser enthalten haben.

Seit der letzten ausgedehnteren Bewegung war das Gefäll der Wasser nicht genügend, um die Seebecken wieder in Flussrinnen zu verwandeln. Allein die Zahlen, die wir oben über die Meereshöhe der Seesohlen mittheilten, zeigen, dass eine neue Erniedrigung des Bodens bis zum neuen Einlass des Meeres vollauf ausreichen würde, diese Verwandlung vorzunehmen. Eine Erniedrigung der Aar-Ebenen entlang dem Jura um 429 M. — nur bis zum Niveau des Meeres, also auf den blosen Betrag eines Littorals — würde ausreichen, um selbst dem völligen Ausfluss des Genfersee's bis nach Solothurn auf dieser Distanz ein Gefäll von 75 M. zu verleihen; der Thunersee würde durch eine Rinne von 343 M. Fall von Thun bis Solothurn (Abstand der Meereshöhe seiner Sohle von einem Meeresniveau bei Solothurn) sich ebenfalls in eine Flussrinne verwandeln können.

Die grossen Rinnsale, welche seit ältester Zeit Wasser und Gesteine aus dem Alpenland nach den Niederungen unseres Continentes führten, haben demnach sehr verschiedene Erfahrungen durchgemacht. Für die Isolirung der Jurasee'n bieten die Ablenkung der Rhône in

---

wände zwischen den höchsten Gipfeln der Faulhornkette und des Brienzergrates am ehesten eine grosse Tiefe und spaltähnliche Gestalt des Beckens würde erwarten lassen.

Einer brieflichen Mittheilung von Herrn Ober-Ingenieur Hartmann in St. Gallen entnehme ich bei diesem Anlass folgende Parallele: »Wenn man vom Bad Pfäfers durch die Taminaschlucht weiter geht, so würde man glauben, die Schlucht müsse sich ungemein tief abwärts unter das Wasserniveau erstrecken, weil die Wände auch aufwärts so steil und nahe beisammen sind. Dies ist aber hier doch nicht so. Vor circa 12 Jahren hat man das Taminabett gerade gegenüber der Quelle ungefähr 30 Fuss tief ausgegraben und quer durch das Flussbett compacten zusammenhängenden Felsen von einer Wand zur andern vorgefunden, in dessen Mitte sogar einige Thermen zum Vorschein kamen, die man auch gefasst hat. Es ist also die Erosion allein, welche die Thäler und Flussterrassen bildet, aber periodisch wieder verdeckt und ausfüllt.« Ich erlaube mir beizufügen, dass die Thermen an eine »Spalte« denken lassen; aber immerhin muss das Wasser an der Bildung der Schlucht so viel als Alles geleistet haben, und nur deren Richtung kann durch die Lage der Thermen beeinflusst worden sein.

2) Vergl. hierüber E. Suess, über d. Verschiedenheit und die Aufeinanderfolge der tertiären Landfaunen. Sitzungsberichte d. math.-naturw. Classe d. Wiener Academie. 1863.

ihrem Rücken, die kleinen localen Hebungen auf ihrem einstigen Verlauf und die Zuleitung des Schuttes von Oldenhorn bis Grimsel an ihren Ausgang wohl genügende Motive. Die intraalpinen See'n der Aar, der Reuss, der Limmat und zum Theil des Rheins sind noch heute ununterbrochene Thäler, die wohl höchstens in ihrer Sohle marine Niederschläge enthalten mögen und überdies seit langer Zeit durch Kander, Aa — wenn nicht gar Aar — und Linth Schuttkegel am untern Ende empfangen mussten. Extraalpine Thäler, wie das des Leman, der See'n von Küssnacht, Zug, Zürich und des Bodensee's erfuhren durch die anticlinalen Linien in ihrem Rücken eine Isolirung von ihrem Quellgebiet, die ihre Zufüllung von oben her in starkem Maasse erschweren musste, und ähnliche Bewegungen an beiden Thalenden vermochten wohl die zwischenliegenden Stellen der schon früher oberflächlichen Rinnen von Alpenwasser im Gebiet von Aargau und Zürich in seichte See'n umzuwandeln.[1]) Die Bewegung internirte also um so energischer schon vorher intraalpine See'n, sie externirte schon vorher externe in noch höherem Grade. Von denjenigen, die auf der Grenze lagen, wie die beiden See'n der Reuss, schnitt sie den ältern, den Zugersee, in der gleichen Richtung halb entzwei, wie sie den jüngern überhalb Luzern in eine quere Falte zog. Von allen See'n des Nordabhangs der Alpen spiegelt derjenige des Centrums, der Reusssee, der See des alten Gotthard die Falten seines Stammgebirges am deutlichsten ab. Schon in früher Zeit verlor er den Arm von Zug, die Richtung seines frühesten Tiefganges, und erlitt die Ablenkung nach West, wohl zu gleicher Zeit, als die parallelen Thalstücke von Brienz und Walenstadt sich mit ruhendem Wasser füllten. Die Verschiebung, die den Kessel von Beckenried von dem von Wäggis abtrennt, war wohl ein nicht bedeutenderes Ereigniss als dasjenige, das den See von Brenet vom Lac de Joux abknickte. Eine spätere Zeit brachte ihm als Ersatz den Zuwachs des in tertiärer Dislocationslinie liegenden Arms von Hergiswyl nach Küssnacht, und die gleiche Kraft lenkte seinen Ausfluss, der wohl während einiger Zeit durch die östlichen Thalrinnen des Aargaues gerichtet war, von neuem in die frühere Rinne, welche einst ohne den Umweg von Luzern die Gewässer des Gotthard von Flüelen über Brunnen und Zug geleitet haben mochte.[2])

[1]) Bei Beromünster (Canton Luzern) auf der Höhe des Hügels, der die See'n von Hallwyl und Baldegg vom See von Sempach trennt, — und genau in der Mitte einer Linie, die durch die sogenannten »Morainen« des Baldegger- und des Sempacher-See's geht (s. Blatt II d. Karte vom Canton Luzern 1:25000), liegen eine Viertelstunde ausserhalb des Fleckens an der Strasse nach Sursee, bei den Häusern von »Mittelscheid«, zwei höchst merkwürdige Kiesgruben. Wie überall Abwechslung von Geröllen verschiedenen Alters mit Sand, ziemlich regelmässig geschichtet, bis zur Einlagerung von Bänken ganz feinen Sandsteins — und alles das auf dem ganzen entblösten Umfang von vielen Hundert Fuss sehr gleichförmig mit circa 30° nach Nord fallend!

[2]) Die Luzernerbucht verdient kaum noch zum »See« gezählt zu werden. Sie ist nur der seichte Anfang des Reussbettes. Bei günstigem Licht ist dies vom Rigi herunter an der Färbung des See's auffällig bemerkbar und die alte Volkssage, dass vormals die »Sust« für die Kaufmannsgüter aus Italien auf der ihren Namen kaum zufällig tragenden Insel »Altstad« bei Meggen sich befunden habe, reimt sich damit ganz gut. S. J. Mohr, der Vierwaldstätter-See und die Thalsperre zu Luzern. 1842. p. 3.

Schluss.

Die Art, wie ich den vorigen Abschnitt abschloss, könnte vermuthen lassen, dass mir die Erklärung, die ich für die besprochenen Verhältnisse versuchte, vollauf erwiesen schiene. Dies ist nicht der Fall. Was ich aufstellte, möchte ich, wie schon der Titel der Abhandlung und die Einleitung besagten, eher einen Gesichtspunkt als eine factische Erklärung nennen. An letzterer bin ich mancher Lücken und Schwächen wohl gewahr. Für Zweifel an der Richtigkeit des erstern könnte ich aber höchstens in dem Umstand ein Motiv entdecken, dass ich ihn fast ein natürliches Angebinde nennen muss. In den Nagelfluhgebieten der Emmenthäler aufgewachsen und von früh an mit allen ihren Schluchten und Höhen wohl vertraut, war es mir auch in dem später nicht minder emsig durchwanderten Bereich der Alpen und des Jura allerdings unmöglich, Erfolge von Wasserwirkung, deren Physiognomie sich mir durch reichliches Entwerfen von Détailkarten und Ansichten aller Art tief eingeprägt hatte, nicht auch in Dislocationsgebieten aufzusuchen. Ein einlässlicher Anblick der Gebirge von Dauphiné an der Hand von Surell's vortrefflichen Arbeiten war nicht geeignet, früher gewonnene Eindrücke von Wasserwirkung abzuschwächen, aber schon damals war ich nicht im Stande, in den Oysans, welche Surell in dieser Rücksicht so scharf von den Basses-Alpes unterscheidet, für den verschiedenen Erfolg des Wassers andere Motive zu entdecken, als solche, welche der Unterschied von Alter, Gestein, Gefüge und Clima des Gebirges mit sich brachten. Diese Eindrücke, welche schon damals (1854) eine ihrer allerdings noch allgemeinern Art entsprechende Aeusserung erfuhren, sind durch genauere Beobachtungen, die mir seither fast alljährlich und oftmals während längerer Aufenthalte die meisten Thäler und Höhen des hier besprochenen Gebietes wiederholt zur Anschauung gebracht haben, häufig analysirt, geschärft und unter Vergleichung fremden Urtheils immer neu geprüft worden. Das Princip, dass Bewegung von Wasser das primitive, niemals ruhende und stets mit grosser Energie fortarbeitende, in jüngern Ablagerungen daher meistens das ganz ausschliessliche, — Bewegung der Basise in secundäres, episodenweise und immer äusserst langsam fortschreitendes Moment von Thalbildung sei; dass also die Erfolge der Wasserarbeit denjenigen der Bodenschwankung stets so weit voraus sein werden, um sie auf den

Werth einer blosen Modification von nicht viel grösserm Rang als Gefüge und Widerstand des Gesteines und Clima's herabzudrücken — ist mir niemals anfechtbar erschienen.

Seine consequente Durchführung führt freilich zu Anschauungen, die sich mit manchen Aeusserungen erfahrener Kenner des Alpengebirges nicht vertragen, und stösst auf Schwierigkeiten, welche die hier vorgelegte Abhandlung nicht zu mindern vermochte, aber welche sie auch nicht verhehlte.

Die Aufgabe glaube ich also nicht gelöst zu haben, sondern jetzt sollte erst der Nachweis anheben, ob die Thatsachen mit dem Principe stimmen. Heute aber halte ich diesen Nachweis noch nicht für erstellbar, da eine Anzahl unentbehrlicher Documente fehlen. Einige derselben sind directer Beobachtung, andere nur der Hypothese zugänglich; und es kann nur nützlich sein, sie möglichst scharf hervorzuheben.

Zu den ersten gehört vor allem genaue Kenntniss der Form der Seebecken, so weit diese aus unverletztem Gestein bestehen, sowie die Kenntniss von Natur und Lagerung der Sedimente, die nachträglich hineingelangten. Ueber die Tiefe und die Art der Schuttanhäufung in den grossen Flussthälern überhalb und unterhalb der Seebecken fehlen bestimmte Data ebenfalls fast gänzlich. Genauere Kenntniss der Fallwinkel an den Sedimenten, für deren Entstehung wir ruhendes Wasser voraussetzen dürfen, würde vielleicht über das Niveau — und also in weiterer Linie über frühere Bewegungen der Unterlage in manchen Fällen Aufschluss geben können; wobei man nicht vergessen darf, dass horizontale Lagerung sowohl Beweis des Fehlens von Bewegungen als momentanes Ergebniss derselben sein kann, und dass in Formationen von grosser Mächtigkeit, wie z. B. in einzelnen Molassen, horizontale Lagerung der zugänglichen obern Bänke gleiche Lage der tieferliegenden noch nicht beweist. Langsame und continuirliche Bewegung eines Meeresbodens, und wohl auch eines Seebodens konnte leichtlich eine langsame Verschiebung lockerer Materialien nach den tiefern Stellen und neue Anordnung in horizontaler Lage zur Folge haben.

Leichter zugänglich als solche Data ist wohl die Prüfung der Art der Ablagerung der sogenannten Morainen in Gebieten, deren Bedeckung mit Gletschereis noch fraglich sein kann. Die Schrift von Sartorius von Waltershausen hat die grosse Gletscherfrage in eine neue Phase gebracht und machte es mir unmöglich, die so wichtige als schwierige Beziehung von Gletschern zu Seebecken hier anders als nur in Andeutungen zu behandlen. Der aufmerksame Leser wird indes bemerken, dass ich sie niemals aus dem Auge verlor; war sie doch bisher der grosse Stein des Anstosses und wird jederzeit auch Prüfstein für jede Hypothese über Bildung der grossen See'n sein.

Die freilich nicht unangefochtene und allem Anschein nach durchaus nicht allgemeine Anwesenheit alpiner Gerölle unter sogenanntem Gletscherschutt am Ausgang der See'n (Alluvions anciennes) scheint mir mit meiner Anschauung der Seebildung gut verträglich zu sein. Was

Gletscherschutt betrifft, so habe ich mehrmals angedeutet, dass die Frage, ob die heutige obere Grenze erratischer Blöcke und die heutige Lage mancher sogenannter Morainen die ursprüngliche und nicht schon eine verschobene sei, nicht im mindesten gelöst scheint, und dass manche Verhältnisse eine Lösung eher in letzterem Sinne erwarten lassen.[1]) Erscheint mir auch die Permanenz der Thäler oder also die Annahme nur partieller und successiver — niemals gleichzeitiger Anfüllung des Tertiärthales zwischen Genf und Linz durch ruhendes Süsswasser, mit den heute sichtbaren Spuren von Bodenbewegung und vor allem mit der jetzigen Existenz von Thälern viel verträglicher, als die Annahme Eines See's, wie ihn Sartorius von Waltershausen vorschlägt[2]), so würde ohne Zweifel eine Reducirung des bisher angenommenen frühern Gletscher-Areales und ein theilweiser Ersatz der festen Eisfläche durch vorliegende Seebecken die Schwierigkeiten, die in der jetzigen Lagerung erratischer Materialien liegen, um vieles vermindern. Aber auch hier gebricht es an Materialien, nemlich an der genauen Kenntniss der Niveau's der Blockgrenze im allgemeinen, wie der einzelnen Morainen. Eine vollständige Uebersicht dieser Niveau's kann erst ergeben, ob die Eisbedeckung, wie dies wohl wahrscheinlicher ist, für jedes Thal eine locale und individuelle war, oder ob sie jemals während einiger Zeit zu so grosser Allgemeinheit anstieg, wie man bisher anzunehmen pflegte.[3]) Die Untersuchung, ob manche Morainen des Mittellandes nicht eher littorale Bildungen sein möchten — den dänischen Ra's vergleichbar (Sartorius a. a. O. p. 289) —, als ächte Gletscherwälle, ist wohl eine der leichtern Aufgaben, die sich aber vereinigen muss mit der allgemeinern und schwierigern, ob nachträglich Dislocationen in der Lage erratischer Materialien stattgefunden haben[4]).

---

[1]) S. Köchlin-Schlumberger, Bullet. Soc. géol. de France. 1859. p. 362. Hébert, ebendas. p 603, 604 und in dem treffl. Schriftchen: Oscillations de l'Ecorce terrestre pendant les périodes quaternaire et moderne. Auxerre 1866.

[2]) Klimate der Gegenwart. p. 220 u. f. Vergl. auch die Bemerkungen hierüber von B. Studer, Archives des Sciences Biblioth. Univers. de Genève. Septembre 1866. p. 20 u. f.

[3]) Ich darf hier wohl erinnern, dass auch auf grösserem Horizont das Fehlen »erratischer« Erscheinungen in Sibirien und auf dem ganzen Westabhang von Nordamerika die Lehre von der »Eiszeit« in ein wesentlich neues Stadium gebracht hat. S. Middendorff, Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens, IV, 1, 1867. p. 296, 297, und Whitney, Bull. Soc. géol. de France. 1867. p. 624.

[4]) Auf das Interesse, welches sich in dieser Beziehung an die aargauischen See'n knüpft, ist oben aufmerksam gemacht worden (p. 75, Note 1.). Hier ist es am Platz, noch eine zweite merkwürdige Stelle, von der dort genannten nicht weit entfernt, namhaft zu machen. Leider ist die innere Structur der »alten Morainen« nur selten zugänglich. Der prächtige Ringwall, der den See von Baldegg unten umgiebt (Blatt III der Karte vom Canton Luzern 1:25000) ist beim Schloss Heidegg von einer Strasse auf längerer Strecke durchschnitten. An diesem Einschnitt kann man nicht übersehen, dass die Materialien fast ausnahmslos — selbst die an diesem Ort und in dieser Form vielsagenden Porphyre der Windgelle nicht ausgenommen — stark gerollt und nicht nur nach Volum gesichtet, sondern auch in einer Weise roh geschichtet sind, wie dies an einer Gletschermoraine kaum vorkommt. So sehr also der Ringwall als Ganzes einladet, hinter ihm einen frühern Gletscher zu vermuthen, der den See zurückliess, so sehr sträubt sich dagegen die Structur der Morainen, ihre Lage über dem Seespiegel und der Blick auf die oben genannten Kiesgruben bei Beromünster.

Viel schwieriger und zum guten Theil wohl von vornherein nicht mehr erreichbar ist eine andere Rubrik von Requisiten, die sich bei klarer Formulirung der ganzen Aufgabe sofort herausstellen. Scharf definirt scheint mir die letztere — und dies zu leisten, nicht sie zu lösen, war der Zweck meiner ganzen Abhandlung — darin zu bestehen, den Erfolg flüssigen Wassers von der Form lautlos — aber nicht wirkungslos — in tausend Schluchten und um tausend Gipfel eines ausgedehnten Gebirges hängenden Nebels — durch die ebenfalls noch ziemlich stummen Phänomene wochenlanger Regengüsse und Schneefälle — bis zu der weithin vernehmbaren Kraft des Sturzbaches und der Gletscherbrüche auf eine nur scheinbar ruhende und episodenweise selbst stärker bewegliche Unterlage zu erörtern. Reicht die Zeit und die Summe atmosphärischen Wassers, welche auf die Alpen seit dem Augenblicke fiel, da sich die ersten Gipfel auf die Dauer (menschlich gesprochen) über die flüssige Hülle der Erdfeste erhoben, aus, um die Rinnen zu erklären, welche sie noch heute mit den nächsten Meeren in Verbindung setzen? Da Unterbrechung der Arbeit seither niemals — nur periodische Ausdehnung und Einschränkung des Arbeitsfeldes durch Einschiebung von Meeresarmen und wohl auch durch locale Intercalationen wirklich neuen Bodens in Folge der Runzelung der Unterlage stattfand, so zertheilt sich also das Problem in einen permanenten und in einen variablen Factor. Der permanente besteht in der Anwesenheit und der Form des bleibenden Festlandes und in der Kraft des fliessenden Wassers, und sein Ausdruck liegt in der Grösse und der allgemeinen Richtung der Thäler. Der variable besteht in den Bewegungen der Unterlage und spiegelt sich ab in der Individualität der Thäler.

Ein guter Theil des Problems wäre somit gelöst, wenn es gelänge, die folgenden Momente herzustellen, aus welchen sich der variable Factor zusammensetzt:

Erstlich den Zeitpunkt, seit wann ein Theil der Alpen einstweilen bleibend Festland bildete, und den Ort, wo die erste Insel oder der erste Archipel über das Wasser auftauchte.

Zweitens, die Ausdehnung und das Relief des jeweiligen Festlandes für die verschiedenen Epochen nach dem Rückzug der successiven Meere, welche die Schichtenfolgen des Jura, der Kreide, des Eocen, der Molassen zurückliessen, sowie die Confrontirung der geographischen Lage der jeweiligen Gipfel und Thäler in den einzelnen Epochen.

Drittens, dieselben Data für den jeweiligen Zeitpunkt des Wiedereintritts eines folgenden Meeres; denn nur so würden sich die Veränderungen ermessen lassen, welche das Festland während seiner Berührung mit der Atmosphäre bis zur neuen Ueberfluthung erlitten hatte.[1])

Viertens, genaue Chronologie und Messung des Wirkungskreises der Bewegungen der

[1]) Das merkwürdige Profil, welches Medlicott (Quart. Journ. Geolog. Soc. of London. XXIV. 1868 p. 49) von dem den Alpen so analogen Vorland des Himalaia entworfen hat, ist wohl geeignet, uns zu einer Revision mancher vielleicht zu früh geläufig gewordenen Alpenprofile aufzufordern.

Unterlage, sei es, dass diese allgemeine Ereignisse, wie ausgedehnte Wasserbedeckung, oder nur locale, wie Verlegung einzelner Seebecken oder Flussrinnen zur Folge hatten.

Mechanischer Widerstand des Gesteins durch Zusammensetzung im Détail und Structur im Grossen, sowie mechanische Kraft der Atmosphäre durch die Variation der Niederschlagsform im Kleinen und des Clima's im Allgemeinen würden die Modificatoren des Vorganges bilden — immerhin in so grossem Rahmen noch Agentien, gegen welche die erst nachzuweisenden Spalten, denen man so gerne die Bildung der Thäler zuschreibt, an Bedeutung viel einbüssen möchten.

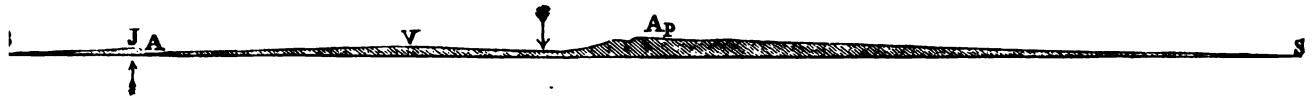
Der Erfolg einer solchen Operation würde, wie mir scheint, zunächst zwei, theils wesentlich, theils relativ verschiedene Districte von Wasserwirkung herausstellen: Einmal permanentes Festland mit relativ permanenten Thälern, und zweitens ein Gebiet, auf welchem die Wirkung der Atmosphäre zu verschiedenen Zeiten neu anhob. Doch nicht gänzlich neu; die neue Arbeit des Wassers wird jeweilen in der Gestalt der Oberfläche zur Zeit, da Einschiebung des Meeres die Atmosphäre von dem frühern Schauplatz trennte, sowie in der Nachbarschaft des permanenten Festlands und der Art seines Reliefs gewisse Regeln vorgefunden haben, und der Plan, nach welchem der erste Grundriss des Alpengebirges sich anlegte, wird folglich auf alle spätern Perioden mehr oder weniger kräftig eingewirkt haben.

Da sich nun auf einem guten Theil des Raumes zwischen Alpen und Jura Zonen immer jüngerer Gesteine in gleichem Maasse folgen, als wir uns von den Alpen nach Nord entfernen, so liegen die grossen Thäler portionenweise gewissermaassen auf um so häufiger intercalirtem Boden, als wir uns dem Jura nähern; und die stratigraphische Zusammensetzung dieses letzteren Gebirges berechtigt uns — so gut wie dessen von den Alpen so grell abstechende alterthümliche oder conservative Physiognomie — es im Vergleich zu den mehr wechselnden und kräftigern Ereignissen in der Nähe der Alpen als eine Art von Nullpunkt zu betrachten, während offenbar das Maximum der Bewegung jeweilen dem Fuss der Alpen folgte.[1]) Die Lage und noch mehr die Vertheilung der tiefsten Stellen der Randsee'n erscheint in solchem Lichte als das einfache Ergebniss der oftmals wiederholten, in besonders starkem Maasse aber — also nur zunächst — der letzten Faltenbildung, deren Folgen dort ja auch in den von See'n freien Landstrecken so vernehmlich vorliegen. Tragen wir dabei dem verschiedenen Rang der Bewegungen die durch ihre Folgen geforderte Rechnung, und ermessen, dass diejenigen, die der allgemeinen Richtung der Gebirge folgten, grössern Betrag und Ausdehnung erreichten, als die-

---

[1]) Es ist früher betont worden, dass die Bewegungen stets vorwiegend lineare, also mehr oder weniger locale waren. Wäre die Senkung, welche die Ablagerung mariner Sandsteine bei Delsberg gestattete, eine allgemeine gewesen, so müssten wir doch wohl Reste von Molasse im Livinenthal bis über Biasca finden, und eine Bewegung dieser Art während der Eocenzeit müsste Nummulitengesteine auf den Höhen des Gotthard hinterlassen haben.

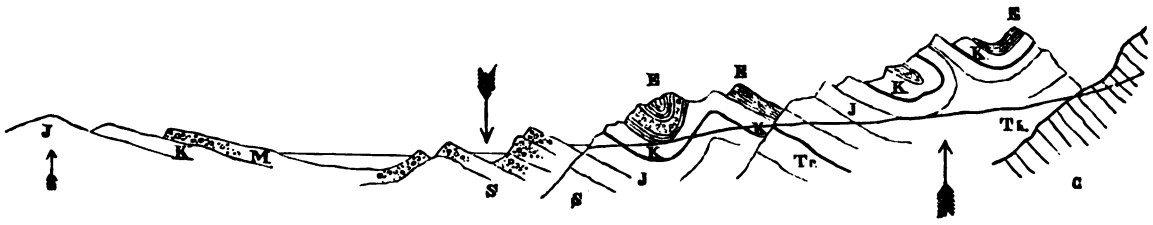
jenigen, welche sich mit diesen kreuzten, so erscheint die Art, wie Ch. Lyell die Bildung der Alpensee'n zu erklären suchte, als eine sehr zutreffende.[1])



B. Basel. J. Jura. A. Aare bei Olten. V. Voralpen. Ap. Alpen. S. Senago N. W. von Mailand.

Winkel von Basel nach Jurakamm 1°.37'. Von Basel nach Alpenkamm 1°.43'. Von Senago nach Alpenkamm 1°.44'. Von Olten nach Jurakamm 21°.48'.

Permanenz von Festland und Thalbildung in den ältern Theilen der Alpen und des Jura, fortwährender Einfluss derselben auf die anstossenden Zonen von wechselnderem Schicksal, und der sehr ungleiche Grad der Bodenschwankung am Nordrand und am Südrand des grossen Tertiärthales scheinen mir also den Rahmen des grossen Bildes zu liefern, innerhalb welches die wiederholte Einschaltung von Boden, die wiederholte Ausbildung localer See'n und der ungleiche Widerstand der verschiedenartigen Gesteine dann den Meissel, der die kräftigeren Linien des heutigen Reliefs — und in welchem endlich das Clima den Pinsel führte, der die zarteren Contouren und die Farbe des Gemäldes zu Stande brachte, dessen Anblick solchen Zauber um unser Auge und solchen Reiz um unser Denken ausgiesst. Eine Besorgniss, dass Reiz und Zauber durch die Deutung schwinden möchten, wäre unbegründet. Das Bild der schaffenden Göttin ist noch nicht entschleiert, wenn sich die leitenden Contouren des Gewandes mehr herausheben. Selbst weiteres Forschen wird nicht vermögen »des Lebens Heiterkeit durch Schauen zu zerstören«, da das Bild, wenn auch aus Stein gebaut, doch lebt und wächst und ewig sich verändert.



J. Jura. K. Kreide. M. Molasse. S. See'n (oder Meeresarme). E. Eocen. Tr. Trias. G. Gneis etc. Th. Thalweg.

[1]) Die Pfeile sollen in dem beigegebenen, der Wirklichkeit entsprechenden Profil von Basel nach Mailand die Richtung und die relative Stärke der Bewegungen an den denselben am meisten ausgesetzten Stellen

Es liegt nahe, diesen Abschluss der Betrachtung mit dem Anfang zu verknüpfen und zu fragen, in wiefern die Verhältnisse im höhern Thal der Reuss eine Verbindung mit denjenigen an ihrem Auslauf aus der Alpenkette oder gar aus dem Gebiet des Jura gestatten. Der Hinblick auf die Grösse und die Mannigfaltigkeit der Ereignisse, welche während einer Reihe von geologischen Epochen in den Raum zwischen beiden Gebirgen fielen, wird es erklären, dass auch in dieser Hinsicht nur Andeutungen möglich sind.

Sehen wir ab von einem ältern Zustand, wo die Reuss dem Längsthal des Vorderrheines folgen mochte, so ist von dem ganzen Thal der Reuss vom Gotthard bis nach Windisch die Portion von der Passhöhe bis nach Andermatt gewissermaassen gleichzeitig die älteste und die jüngste. Die älteste nach Permanenz und Physiognomie der Unterlage, die jüngste nach wirklicher Geschichte des Thalwegs. Was nördlich vorliegt, ist nicht etwa unterbrochene — aber doch Geschichte auf periodisch intercalirtem Boden, dessen jeweilige Gestaltung wir höchstens ahnungsweise erfassen können. Wir vermögen nicht zu sagen, ob und wo die Terrasse von Andermatt, die schon am Urnerloch abbricht und über die Schlucht der Schöllenen hinweg sich stückweise noch so lange fortsetzt, die Küste des eocenen oder eines miocenen Meeres am Alpenrande, oder mit welchem Gefälle sie in der Periode zwischen beiden die Niederung der alten Donau am Fuss des Jura erreichte. Unzweifelhaft ist nur, dass dies bei Flüelen, wo der jetzige Thalweg abbricht, nicht möglich war. Von Windisch aufwärts müssen daher in Bezug auf Dauer der Arbeit — nicht aber auf Permanenz der Unterlage — viel ältere Perioden des Reussthales liegen als am Gotthard, zwar wiederholentlich von ruhendem Wasser von verschiedenem Salzgehalt bedeckt, aber stets in derselben Richtung wieder ausgewaschen. Erst die Bewegung, welche die Reuss zum Einsägen der Schöllenen zwang, konnte den Ausgang des Thales dem Alpenrande näher legen, und die Falte, welche so mächtige Platten secundären Terrains zu der Höhe des Vitznauerstocks und der Rigi-Hochfluh emporhob, konnte gleichzeitig diesen Vorgang unterstützen und der Reuss von Brunnen an den neuen Weg nach Westen öffnen. Von allen Theilen der Thalwege sind wohl die grössten Seetiefen die wirklich — sowohl nach Arbeit als nach Permanenz des Bodens — ältesten, und widersetzten sich desshalb Verlegungen am energischsten, obschon nicht überall mit vollem Erfolge. Die grossen Seetiefen scheinen in der That, so weit als sie bis jetzt bekannt sind, auf mehreren Linien im Streichen der Alpen

---

andeuten. Für die Nordseite der Alpen fällt in dieser Weise wenigstens ein Theil der Einwendungen weg, die Ramsay (Lyell and the Lakes, p. 12) gegen diesen Gedanken erhoben hat.

Vollkommen theoretisch ist das zweite Profil, welches nur bezweckt, den hier durchgeführten Gedanken einer periodischen Wiederholung derselben Vorgänge während der Succession verschiedener Meeres- und Denudations-Epochen am jeweiligen Rand permanenten Alpenfestlandes zu versinnlichen.

vertheilt zu liegen, und die andern Stücke der Thalwege wurden von Verlegungen um so reichlicher betroffen, als sie in wechselndere Unterlage fielen. Alle Thäler ohne Ausnahme, mögen sie See'n enthalten oder nicht, sind also Erosionsthäler, so gut wie alle ohne Ausnahme orographische sind; nur konnte Faltung des Bodens die Erosion in diese oder jene Richtung lenken und je nach den Gesteinen, die sie dem Wasser darbot, unterstützen oder erschweren. Wollten wir jetzt von neuem eine Eintheilung der Thäler vornehmen, so würden wir **alte** und **junge, abgestorbene** und **neu auflebende** zu unterscheiden haben und die alten würden — da sie durch verschiedene Formationen hindurchlaufen, in Portionen von verschiedenem Schicksal, in **permanente** oder an grössere Epochen von Festlandgeschichte gewöhnte, und in **metamorphische** mit sehr abwechselnden Phasen des Lebens zerfallen. Auch die See'n entziehen sich dieser Eintheilung nicht, wie wir sie denn schon Anfangs in die **ephemeren,** der Tagesgeschichte angehörigen und in der Regel kleinen **Bergsee'n** und in die meist grössern und **permanenten,** von der Tagesgeschichte unabhängigeren **Randsee'n,** ja selbst auch in erloschene, in entstehende und wieder auflebende unterschieden haben.

Von den Randsee'n werden diejenigen, welche ausserhalb der Dislocationslinie und in einer einzigen geologischen Formation liegen, — ich nannte sie auch schon externe, — die jüngsten sein; sie haben noch wenig Veränderungen ihrer Sohle und von grössern Bewegungen nur diejenige erlebt, welche ihnen ihr Entstehen gab, wenn sie auch vielleicht auf dem Grabe von zugedeckten Vorgängern liegen mögen. Dahin gehört der kleine See von Genf mit Ausschluss des viel grössern Leman, die Plateausee'n am Jura und im Aargau, im Canton Zürich und der grösste Theil des Bodensee's. Die alten See'n, welche Formationen verschiedenen Alters durchschneiden — welche also schon mehrere grössere geologische Ereignisse überdauert haben und mithin in stärker dislocirtem Terrain liegen, tragen schon in Richtung und Umriss die Spuren dieser Erlebnisse unverkennbar an sich. Unter ihnen wird wohl noch zu unterscheiden sein zwischen denjenigen, welche das Wasser aus der vorderen, und denen, die es aus der hintern Alpenkette sammeln. Die See'n der Aar und Linth scheinen jünger zu sein als die von Waadt und Bregenz, da die letztern einem ältern Stück Geschichte angehören, in das wir durch die Pforten von St. Maurice und Chur wie durch eine Oeffnung zwischen vorgeschobenen Coulissen hineinsehen. Gleiches Alter, wie sie denn auch demselben Quellgebiete noch heute angehören, mag den See'n der Reuss und des Tessin zukommen, von welchen ersterer aber, wie seine Trennung in die vielen Becken von Uri, Zug, Beckenried, Wäggis und Küssnacht vernehmlich zeigt, verschiedenartigere Erfahrungen hinter sich hat, als der Lago Maggiore. Eine letzte Rubrik könnte vielleicht **erloschene** See'n betitelt werden, wenn wir — was nicht so fern liegt — annehmen dürfen, dass das Unterwallis und das Thal des Vorderrheins einst zu der Dranse und dem Mittelrhein in ähnlicher Beziehung standen, wie heute die See'n von Thun und Walenstadt zu den Thälern der Kander und der Linth.

Was am Jura — der trotz seines alterthümlichen Gepräges eine um die ganze Periode des Auftretens paläozoischer und crystallinischer Gesteine kürzere Geschichte hat — seit der letzten Dislocation geschah, welche die ihm zunächst vorliegenden See'n abschloss, besteht hauptsächlich darin, dass nunmehr die bisher der Donau zugeflossenen Gewässer sich an den drei tiefsten Punkten einen Ausweg durch die bisherige Schranke suchten, und das Wallis seinen Antheil an Niederschlägen von nun an dem Mittelmeer —, das Gebiet zwischen Dôle und Calanda sowie Graubünden der Nordsee zuwandte — und dem schwarzen Meere in unserer Nähe nur noch der Ostabhang des Schwarzwaldes sammt den bayrischen Alpen treu blieb.

Es ist offenbar, dass diese veränderte Drainirung sich nur langsam und stufenweise einleitete. Die vielen Spuren öftern Wechsels des Rheinbettes, bevor es der jetzigen so mannigfaltig gewundenen Linie über Eglisau nach Coblenz folgte[1]), sind davon so gut Zeugniss als der Umstand dass Rhône, Aar und Rhein noch heute nicht vermochten, ihr Bett in definitives Gefäll zu bringen. Laufen sie ja noch heute auf Stufen zwischen Strecken ungleichen Gefälles und bilden je nach Maassgabe rascheren oder langsameren Sägens unterhalb der davon betroffenen Riffe Terrassen, die sich im Rheinthal auf verschiedenen Niveau's von Waldshut bis nach Bingen verfolgen lassen.

Sehe ich ab von dem uns entlegenern Sägeschnitt der Rhône, der bei Fort de l'Ecluse anhebt, so hat der Sammler des weitaus grössten Theils entfremdeten Gebietes — die Aar — den Durchbruch von Windisch an, wo sie die gesammte Wassermenge vom Hohgant bis zu den

---

[1]) Die drei Zipfel, in welche der Bodensee nach Ludwigshafen, Radolfszell und Stein ausläuft, werden wohl mit allem Recht als ebensoviele Reste von Rheinausflüssen zu betrachten sein, von denen der erste wohl der älteste war — ein Verhältniss von entfernter, aber schwer abweisbarer Analogie mit den Beziehungen zwischen dem See von Luzern und denjenigen von Sempach, Hallwyl und Zug, oder mit den Beziehungen zwischen dem Walenstadter-See und denjenigen von Zürich, Greifensee und Pfäffikon. Sind doch die zwei westlichen Zipfel des Bodensee's durch die enge Stelle bei Constanz schon halbwegs von dem übrigen Theil des Bodensee's abgerissen, wie es vollständiger der Fall ist an den genannten Beispielen in den Seegebieten der Reuss und Linth.

Dem entsprechen die Spuren eines frühern Rheinlaufes von Radolfszell über Singen und Ramsen im jetzigen Thal der Biber (Deike a. a. O. p. 12. Schill, Tertiär- und Quartärbildungen am nördlichen Bodensee. p. 73). Nicht minder reichliche Spuren sagen, dass der Rhein unterhalb Schaffhausen erst lange Zeit in der Fortsetzung seines Laufes von Stein oder von Radolfszell her sich durch das Klettgau ergossen habe, bevor er zu dem grossen Umweg über Eglisau gezwungen wurde. (Schill, Umgebungen von Waldshut. p. 15. 29. Merklein a. a. O. p. 80.) Die Phonolithe vom Höhgau, die sich in den Geröllmassen des Klettgau finden (Schill, Waldshut. p. 29) würden hiemit denselben Weg, von Ost nach West gemacht haben, den früher in umgekehrter Richtung jurassische und triasische Gesteine aus dem Aargau nach dem Randen einschlugen. (S. oben p. 64, Note 1.)

Wie dies so oft der Fall ist, hätte also die badische Eisenbahn von Waldshut nach Radolfszell den alten Rheinlauf so gut herausgefühlt, wie die westschweizerische von Lausanne nach Yverdon den alten Lauf der Rhône — ob etwa sogar die Römerstrasse von Sonceboz einen alten Lauf der Birs von St. Imier durch Pierre-Pertuis nach Tavannes?

grauen Hörnern aufnimmt, ihr Bett am meisten ausgeebnet. Doch trennt sie bei Coblenz noch eine feste Stufe von Muschelkalk, wohl die Ursache der Ausebnung von Turgi her, vom Rhein und hält einen guten Theil des Geschiebes noch zurück.

Auf die Gegenden nördlich vom Jura muss ein solches Ereigniss von ausserordentlichen Folgen gewesen sein[1]), und die Vermuthung liegt nahe, dass die vielen Spuren eines höhern Flussbettes, welche von Schaff hausen an im Verlauf des Rheins so gut wie seiner Seitenthäler in Gestalt von Schuttmassen an den Thalabhängen sowie auch im Sundgau zurückgeblieben[2]), hauptsächlich von da an zu datiren seien. Ob dabei von Waldshut an die Aar dem Rhein, oder der Rhein von Thiengen her der Aar etwa schon vorgearbeitet haben sollte, wird man kaum mehr entscheiden können. Theoretisch sollten in einem solchen Falle hier um Basel Gerölle aus speciellem Rheingebiet solchen aus dem Quellgebiet der Aare aufliegen oder umgekehrt; die unablässige Verlegung der Betten so grosser Ströme, wodurch ältere Ablagerungen immer in neue Lage gebracht werden und dann schliesslich die Nivellirung der breitesten Thäler zu Stande kömmt[3]), lässt indess hierüber schwerlich Auskunft erwarten. Doch scheinen für den Rhein die Gerölle von Klingstein auf dessen linkem Ufer sowie im Klettgau zu sagen, dass sein Durchbruch nach Norden — wenigstens von Stein an — in seinen successiven Betten dem Auftreten eruptiver Kegel im Höhgau erst nachfolgte und dass er wohl bei seiner endlichen Ankunft in Waldshut ein fertiges Aarbett schon vorgefunden haben mochte.

Die Gegend zwischen Waldshut und dem Bodensee würde sich somit in einer frühern Periode zu dem merkwürdigen Lauf der Aare von Solothurn über Brugg und Coblenz nach Basel wie der Hügel von Mormont zu dem Veyron und der Venoge, oder wie der Mont Terrible zu dem Doubs bei St. Ursanne verhalten, allein später doch dem Rhein einen Abfluss nach Westen gestattet haben. Die zahlreichen und ausgedehnten Geröll-Ebenen jener Gegend machen dabei den Eindruck, als ob der Rhein nur nach langen Schwankungen sein jetziges Bett gefunden hätte.[4])

Schwieriger ist der Umstand, dass die »Gerölle« über Waldshut bis ins Klettgau vornehmlich aus Graubünden und sogar vom Gotthard stammen sollen.[5]) Auf den Bodensee wirft dies ein räthselhaftes Licht und nöthigt zu der Frage nach dem Wege, den solche Wanderer genommen haben möchten. Es wird wichtig sein, zu wissen, ob ähnliche Gerölle sich in den Thälern der Linth, wo nicht gar der Thur vorfinden, und Gotthardgerölle, falls sie von dessen nördlichem Abhang stammen sollten, müssten selbst dem Gedanken Raum geben, ob nicht etwa gar die Aare sie ins Klettgau geführt haben sollte.

---

[1]) S. P. Merian, Beiträge zur Geognosie I. 1821. p. 142 u. f.

[2]) Schill, Umgebungen von Waldshut. p. 1, 9, 13—18 etc.

[3]) S. Anhang Note 4.

[4]) Merklein a. a. O. p. 14, 29, 80. Schill, Waldshut. p. 15, 29. Deike a. a. O. p. 11.

[5]) Schill a. a. O. p. 29.

Sowohl diese sonderbaren Thatsachen als das hohe Niveau jener Geröllablagerungen (bis 700 und 800 Fuss über dem jetzigen Rheinspiegel [1]) werden sich also ohne merkliche Bewegungen des Bodens in relativ sehr später Zeit kaum erklären lassen und würden dann in dieselbe Rubrik mit dem bekannten Umstand fallen, dass die Flussgerölle bei Delsberg von ihrer Heimat, den Vogesen, heute durch einen 1200 Fuss über das Thal erhobenen Wall des Jura, den Rebetsch, getrennt sind.[2])

Auch die zahlreichen und zum Theil so mächtigen und berühmten Schwellen im Rheinthal zwischen Stein und Basel [3]) scheinen anzudeuten, dass dasselbe als Bett eines so grossen Flusses noch nicht so lange functionirte. Solche Riegel müssen auf die Vertheilung der Sedimente bis weit unterhalb Basel einen grossen Einfluss ausgeübt haben. Den Löss, der von Laufenburg an bis Andernach oder Bonn in so mächtigen Schichten den Lagern alpiner Gerölle aufliegt, dürfte man in diesem Lichte wohl als ein Product der Schlämmung betrachten, veranlasst durch die Stellen, die bisher der letzten Ausbildung des Rheinbettes Widerstand geleistet haben. Die granitnen Riffe bei Hauenstein und Laufenburg werden Gleichförmigkeit der Flussgeschiebe wohl lange aufgehalten haben.[4]) Weitere Bewegungen des Bodens werden von den Niveau's, zu welchen der Löss, sei es überhalb, sei es unterhalb von Basel, im Sundgau ansteigt, kaum gefordert. Er erhebt sich — sehr verschieden von dem alpinen Diluvium — im ganzen Rheinthal über Basel nirgends mehr als 150 Fuss über die Muschelkalkschwelle der Aar bei Coblenz, und auch im Sundgau erreicht er nicht die Höhe der berühmten Schwelle von Schaffhausen.[5])

Mit der Abtragung der Schwellen musste die Sichtung von Flussgeschiebe sich vermindern. Unterhalb von Coblenz ist daher heutzutage Bildung grösserer Massen von Löss nicht denkbar und überhalb der Einmündung dieses von grossen Schwellen heute fast ganz befreiten Stromes wird auch das allem Anschein nach weit jüngere Rheinthal Löss kaum anderswo als in der Tiefe des jüngsten Zipfels des Bodensee's erwarten lassen. Auch die Lössbildung, wie Thalbildung überhaupt ist dem Herzen des Gebirges, dessen Prüfung den Anfang unserer Betrachtung bildete, stufenweise immer näher gerückt.

Ich vermied es absichtlich, da dies zu Combinationen geführt hätte, welchen ich mich

---

[1]) Schill a. a. O. p. 15, 28.

[2]) P. Merian, Verhandl. d. schweiz. Naturf. Gesellsch. in Basel. 1856. p. 24. Köchlin-Schlumberger, Observations sur un Mémoire de M. Sc. Gras. Bull. Soc. géol. de France. 1859. p. 360—62.

[3]) Merklein a. a. O. p. 6—8. Schill, Waldshut. p. 1—18, 25.

[4]) S. Anhang Note 3.

[5]) P. Merian a. a. O. p. 10. Schill a. a. O. p. 26, 28. Um so merkwürdiger verhält sich dazu der Umstand, dass dann die erratischen Geschiebe in dem gleichen Thale bis zu 1000 Fuss über das Niveau des Rheines sich erheben sollen. Ebendas. p. 25. Ueber die Détailverhältnisse im Sundgau s. die Discussion zwischen Sc. Gras und Köchlin-Schlumberger, Bull. Soc. géol. d. France. 1858. p. 148. 1859. p. 297, 919. 1860. p. 82.

nicht gewachsen fühle, dem Einfluss von Ereignissen, wie etwa Veränderungen von Clima, nachzugehen, die ausserhalb des Gebietes, das uns beschäftigt, ihren Ursprung haben können. Die Andeutungen in dem frühern Abschnitt, die Stellen gewidmet waren, wo sie sich viel augenfälliger — selbst durch die Farbe der Berggipfel — bemerklich machen, lassen wohl erwarten, dass solche Einflüsse auch an den Niederungen nicht spurlos vorübergingen. Hier ist es dann nicht die Farbe, sondern das Gepräge der Pflanzen und der Thiere, welche sie uns kenntlich machen werden. Immerhin wird wohl der ganze Verlauf der Untersuchung im Stande sein, dem Leser den Eindruck zu hinterlassen, dass in gleicher Weise wie unsere Alpen den Wasserdampf der sie befeuchtet, aus einem Gebiet empfangen, das ihren geographischen Umfang weit übertrifft, auch die Fäden, die das Wasser nunmehr flüssig in seine Heimat zurückleiten, jeweilen und an allen von ihm berührten Punkten Spuren von verschiedener Stärke hinterlassen haben werden. Nicht nur wird sich somit die Wirkung der Gewässer des Gotthard, wo unsere Untersuchung anhob, bis nach Basel ausdehnen, wo wir sie abschliessen; auch Geschichte und Physiognomie der Thäler und der Seespiegel, welche unsere Heimat schmücken, wird jeweilen mit der Geschichte des ganzen Körpers, dessen Oberfläche sie angehören, auf das innigste verknüpft sein.

Mag so auch, hochverehrter Herr Rathsherr, von der Masse von Belehrung, welche Sie während einer so langen Reihe von Jahren aus dem unerschöpften Vorrath Ihrer sorgfältigen Erfahrung über alle Epochen der Geschichte unseres Vaterlandes verbreitet haben, ein Theil nicht ohne erfreuliche Wirkung auf den Leser durch den Verlauf dieser Ihnen gewidmeten Untersuchung in Ihre Hand zurückkehren!

Anhang.

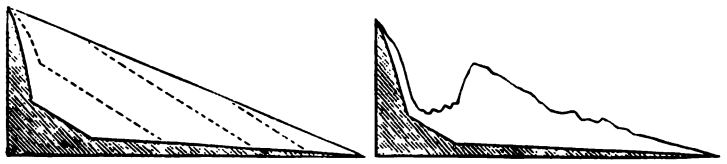
Note 1, zu p. 29. Thalbildung auf den vulkanischen Inseln des stillen Oceans.
Auszug aus **J. Dana**, on Denudation in the Pacific. (Extracted from the Geological Report of the Exploring Expedition under Capt. Wilkes. 1849.) S. auch Manual of Geology. 1863. p. 635.

Am Mount Loa (13760′) auf Hawaii fehlen Wasserrinnen, weil der immer noch thätige Vulkan sie stets auffüllt. An dem seit langer Zeit erloschenen Mount Kea (13950′) finden sich eine Menge von Thälern, die vom Wasser gebildet sind. Ihre Bildung beginnt am Fuss des Berges, wo die Schnelligkeit und Gewalt des Wassers am grössten ist; unter das Meeresniveau setzen sie sich nicht fort, da das Meer an den Küsten eher auffüllt als einreisst. Diese Thäler, zum Theil 2000 Fuss tief, sind nur vom Regen gebildet, der in der Höhe reichlicher fällt als am Ufer. Bei geringem Gefäll bildet sich eine Menge von getrennten Wasserrinnen; bei stärkerer Neigung fliessen dieselben zusammen in tiefere und weiter auseinander liegende Furchen. Das Thal erweitert sich (wächst) von unten nach oben und trennt sich allmählig in zwei Portionen, den Thalstrom und den Bergstrom, wobei das Thalgebiet auf Kosten des Berggebietes immer zunimmt. Wenn das Thalwasser nicht mehr ausläuft, so beginnt ein neuer Process, die Erweiterung des Thales durch Angreifen der Seitenwände. Es entsteht ein breiter Thalboden, von steilen Wänden umgränzt, es bilden sich Terrassen. Im obern Theil des Thales entstehen in Folge ungleicher Härte des Materiales Wasserfälle, deren Wirkung zunimmt, je höher sie sind. Mit der Zunahme der Steilheit der Schlucht vertiefen sich die Aushöhlungen im obern Theil des Thales rasch; der stärkere Fall des Wassers wiegt die geringere Wassermenge auf. Auch herrscht in der Höhe während des ganzen Jahres grössere Feuchtigkeit und rinnendes Wasser; es bilden sich also in der Höhe allmählig steile Felswände. Die gleichen Kräfte bewirken allmählig eine Verdünnung der Zwischenwände zwischen zwei Thälern, bis Einsturz erfolgt und zwei Thäler in einem Amphitheater um den steilen Gipfel zusammentreffen. Auch die Natur der Felsen, das Abwechseln von Schichten von verschiedener Härte und die Neigung zur Spaltung begünstigt diese Wirkung.

Haben nicht Spalten oder Gänge die Richtung der Wasserrinnen vorgezeichnet? Der Mount Loa, ein noch unveränderter Berg, hat allerdings zahlreiche Gänge (Dikes), allein die Laven machen darin eher Erhabenheiten, welche das Wasser seitwärts lenken. Ueberdies sucht das Wasser stets die tiefsten Stellen auf, seien Dikes da oder nicht. Es ist klar, dass das Wasser jede vorhandene Rinne benützt und allmählig zum Thal macht. Allein das Wasser wartet nicht, bis eine Rinne da ist, es macht Rinnen, auch wenn keine vorher da sind.

So kann ein regelmässiger Kegel blos durch Regen bis zum Skelet ausgenagt werden. Mount Loa ist noch jung und ungefurcht. Mount Kea und Hale-a-Kala sind nur noch in den tiefern Theilen gefurcht. Tahiti ist bis zum Centrum ausgefressen. Spalten sind dabei für die Thalbildung überflüssig; können sie auch — einmal da — die Thäler lenken, so bleiben bei Mangel an Spalten die Thäler doch nicht aus, und der letzte Erfolg ist das Ueberbleiben von blossen Büscheln von Piks, Ruinen von Inseln, wie Orohena, Pitohiti und Aorai.

Die beiliegenden Schema's, deren schraffirter Theil das noch vorhandene Stück Berges im Längsprofil eines Thales giebt, während der aufgesetzte Rahmen die vom Regen entfernten Prismen darstellt, bedürfen keiner weitern Erläuterung.



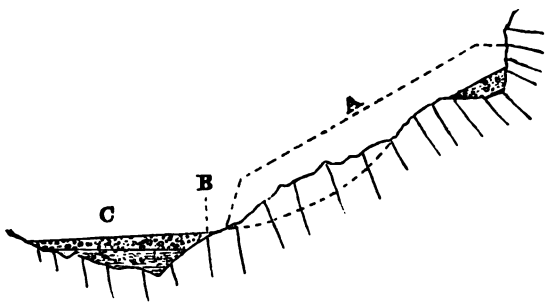
Dana betont endlich, dass sich diese Beobachtungen auf ein Clima mit fortwährendem Sommer beziehen, wo die Wirkung von Frost ausser Betracht fällt; doch glaubt er, dass letztere aufgewogen werde von der Decomposition des Gesteines durch die Vegetation, welche selbst die Oberflächen harter Felswände mit Schichten lockeren Gesteins bedeckt. Er fügt bei, dass, wer an einem Sommertage diese Thäler aufwärts durchwandere — das Wasser, das in der Tiefe rinnt, die Vegetation, die in den Schluchten bleibt, übersehend — verwundert nach den Kräften frage, welche diese Aushöhlungen erzeugt; sie sind aber unablässig da, wenn auch zeitweise schweigsam und unter dem Boden verborgen. In einer andern Jahreszeit würde er eine andere Scene finden, schreckhafte Gewalten, die ihm über die Kraft des Wassers keinen Zweifel liessen.

Note 2, zu p. 29. Thalbildung in Dauphiné.

Auszug aus **Al. Surell**, Etudes sur les Torrents des Hautes Alpes, Paris 1841.

Der Thalweg der Torrents[1]) bildet eine nach unten convexe Curve, die immer steiler nach der Wasserscheide ansteigt. Dies ist gerade die Curve, welche das Wasser sich von selbst hätte bilden müssen, auch wenn es sie nicht vorgefunden hätte; es ist also wohl wahrscheinlich, dass das Wasser sie gebildet hat. Der Thalweg ist die Resultante zwischen der Wirkung des Wassers und dem Widerstand des Bodens. Doch muss unterschieden werden zwischen Thälern, die blos vom Wasser gebildet sind und solchen, welche Dislocationen des Bodens vorfanden.

[1]) Surell unterscheidet zwischen Rivières mit breitem Thalboden, der vom Wasser jeweilen nur theilweise eingenommen ist. Torrents, welche in einem Theil ihres Laufes bohren, in einem andern auftragen, in einem dritten divagiren, und Ruisseaux, welche nicht bohren und nicht deponiren. Abgesehen von dem Fehlen von Grenzen zwischen diesen Rubriken ist klar, dass alle unsere Flüsse, so lange sie innerhalb der Alpen laufen, zu den Torrents gehören.



A. Bassin de Réception. **B.** Canal d'Ecoulement. **C.** Cône de Déjection.

Die Flussgebiete der Alpen zerfallen regelmässig in ein Bassin de Réception, wo sich das Wasser rasch nach Einem Punkte sammelt und wo es mit grosser Kraft arbeitet, weil es während des grössern Theils des Jahres in Schneeform liegen bleibt und dann zur Zeit der Schneeschmelze in kürzester Frist abfliesst — in den Canal d'Ecoulement, wo Ausgrabung nicht mehr, Auftragung noch nicht stattfindet — eine Thalstrecke, die bis auf einen verschiebbaren Punkt zusammenschmelzen kann und um so länger ausfällt, als die Abhänge weniger steil sind, — und in das Lit de Déjection von flacher Kegel- oder Fächerform. Diese drei Thalstrecken fallen in ihrer Sculptur und Ausdehnung verschieden aus, je nach dem Gestein, in welchem sie liegen. Sind alle drei Partien des Thales in Eine Curve gebracht, so ist der Thalweg fertig und wird fortan nicht wesentlich verändert; unfertige Thalwege sind solche, wo die verschiedenen Thalstrecken Winkel bilden. In dem Gebiet, wovon Surell handelt, giebt es zwei Ursachen von Anschwellungen der Ströme: die Schneeschmelze Anfangs Juni, die Gewitter am Ende des Sommers; die Anschwellungen aus der letzten Ursache sind viel heftiger, aber auch viel localer als diejenigen durch Schneeschmelze. Zwei Regionen des Flussgebietes sind vor allem Schauplätze der Zerstörung: das Lit de Déjection und das Bassin de Réception, wo ganze Bergabhänge in Zerrüttung gerathen können.

An der Erzeugung von Flussthälern betheiligen sich drei Ursachen: geologische oder die Natur des Terrains — topographische, das Relief — meteorologische, Schneefall und Gewitter. Um den ursprünglichen Zustand vor Bildung von Flussgebieten herzustellen, muss man den Cône de Déjection oder alles ausgeführte Material in das Bassin de Réception zurückbringen. So sind ganze Thäler nur durch Wirkung des Wassers entstanden; wo und wie sie entstehen, hängt ab von meteorologischen und geologischen Ursachen, von Clima und Boden. In Dauphiné hat die Erhebung der Alpen über die Schneelinie bei grosser Sommerwärme in Folge der geographischen Breite wesentlich zu der mächtigen Entwicklung der Torrents beigetragen, während nördlich vom Col de Lautaret die gleichförmige Vertheilung der Feuchtigkeit während des Jahres ein ganz anderes Relief veranlasst hat.

Jeder Torrent hat seine bestimmte Lebenszeit, nach welcher er erlischt; viele sind erst in historischer Zeit entstanden (die französische Revolution hat durch die mit ihr einhergehende Zerstörung der Wälder die Entstehung mancher neuen Torrents veranlasst), andere schon vor dieser erloschen. Das Erreichen der Pente-limite des Thalwegs (der continuirlichen Curve, wo auf allen Punkten des Verlaufs die Schnelligkeit im Gleichgewicht steht mit der Form und Resistenz des Bodens) [1]) und die Bekleidung

[1]) Aus dem in unserer Abhandlung besprochenen Gebiete verdanke ich einem genauen Kenner des Rhein-Régime, Herrn Ober-Ingenieur Hartmann, folgende briefliche Notiz: »Am Rhein zwischen der Tardisbrücke (Bündnergrenze) und dem Bodensee, wo er ausschliesslich auf altem Geschiebe läuft, bildet die Flusssohle eine wirkliche Cycloide. Herr ..... hat unserm Nivellement entlang, das 125 Fixpunkte zählt (Distanz à 2000 Fuss), für 17 Fixpunkte diese Cycloide berechnet und bekommt eine Curve, die ganz mit dem Nivellement übereinstimmt. Das gleiche Resultat würde wahrscheinlich bis Thusis erhalten werden, so weit nemlich die Alluvion geht. Dagegen macht die Ill, die aus dem Montafun kommt, eine kleine Störung, und etwas ähnliches lässt sich auch von der Landquart erwarten, denn wirklich ist das Rheingefäll zwischen Zizers und Landquart etwas geringer als weiter unten.«

des Gebietes mit Vegetation sind die Zeichen des beginnenden Erlöschens, welches von unten nach oben fortschreitet. Das letzte Schicksal des Bassin de Réception ist Bildung einer verticalen Mauer rings um den Hintergrund des Bassin herum.

Die Rivières haben nur ausgedehntere Wirkung als die Torrents. Auch die Durance hat sich ihren Thalweg selbst gegraben durch Ausfüllung einer Anzahl successiver alter Seebecken und durch Durchbrechung der dieselben trennenden Engpässe. Auch Flüsse können in alte und junge unterschieden werden. Selbst die grössten derselben haben sich ihren Thalweg selbst präparirt, im Innern der Continente Berge durchbrochen, Bassins ausgefüllt und am Meere Lits de déjection angehäuft, welche Königreiche einnehmen. Bei Hebung des Gebirges functionirten die Flüsse wieder als Torrents, wobei ihnen ganze Gebirgsketten als Bassin de Réception dienten und sie auf einen zerstörbareren Boden stiessen als heute. Das Volum der Nagelfluhmassen in den Alpen steht zu der Stärke der Flüsse in keinem stärkern Verhältniss, als die Geschiebesmasse erloschener Torrents zu dem Wasserfädchen, das heute noch darin fliesst.

Note 3, zu p. 86. Thalbildung des Mississippi.

Die von H. Grebenau besorgte Bearbeitung des Berichtes von Humphrey und Abbot „Ueber die physischen und hydraulischen Verhältnisse des Mississippi-Stromes, seiner Nebenflüsse, Mündungen und Alluvialregionen“ (Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen. München 1867), enthält über die wichtigsten Verhältnisse von Flüssen eine Menge von Thatsachen, welche geeignet sind, auf die kleinen Flussgebiete, von welchen hier die Rede ist, ein Licht zu werfen, obschon sie dem Ueberblick des zweitgrössten Stromes der Erde entnommen sind. Der folgende Abschnitt (p. XX des Anhangs der Grebenau'schen Arbeit) verdient hier alle Beachtung.

Halbwegs zwischen St. Louis und Cairo durchbricht der Mississippi das Ozarkgebirge, dessen Wände an beiden Flussufern 300 Fuss hoch emporsteigen. Dieses Gebirge hängt mit dem Höhenzuge auf dem rechten Ufer des Ohio zusammen, an welchem die Nebenflüsse dieses Flusses entspringen. Die Aehnlichkeit dieser Bildung mit den Niagara-Fällen und dem Rhein bei Bingen macht es wahrscheinlich, dass der Mississippi sich durch allmähliges Rückwärtsschreiten seiner Wasserfälle an diesem Gebirge durch dieses einen Canal gebildet hat. Ist dieses der Fall, dann muss der Mississippi und der Missouri ehemals eine viel höhere Lage gehabt haben, was auch sehr wahrscheinlich ist, und ein ungeheurer See muss sich nordwärts seiner Fälle bis Prairie du Chien und über grosse Strecken der Prairie von Illinois und vielleicht von Indiana ausgedehnt und, mit dem See Michigan zu einer Wasserfläche vereint, einen grossen Theil des Staates Michigan bedeckt haben. Aehnliche See'n mögen am Missouri und oberen Mississippi existirt haben. Die höchsten Punkte der genannten Hügelkette sind etwas über 600 Fuss über der See. Der Spiegel des Michigan-See's ist 576 Fuss über der See. Die Kante der kleinen Wasserscheide zwischen dem südlichen Ende des Michigan-See's und den Quellen des Illinois liegt nur 20—25 Fuss über diesem See. An den Felsen von Mackinac findet sich eine horizontale Linie, offenbar ein Wassermerkzeichen, zwischen 150—200 Fuss über dem Spiegel des Michigan-See's, welche Linie wahrscheinlich die Höhe des Seewasserspiegels zu einer Zeit anzeigt, wo die Niagara-Fälle zu Queenstown sich befanden, wo jener Felsenrücken 150—200 Fuss höher war als jetzt.

Nach Sir Charles Lyell's Rechnung über das Rückwärtsschreiten der Niagara-Fälle war, wenn man die Wasserspiegel der obern See'n als mit dem Felsenrücken abwärts sinkend annimmt, vor einigen und 8000 Jahren der Wasserspiegel des Michigan-See's gerade in gleicher Höhe mit dem Rücken der schmalen Wasserscheide, welche dermalen den Michigan-See von den Zuflüssen des Mississippi-Stromes trennt.

Die Wirkung eines derartigen grossen See's auf den Mississippi muss eine zweifache gewesen sein. Ein Aehnliches gilt vom Ohio, dessen Flussthal verschiedene Terrassen aufweist, welche ehemals See'n waren, und ein Gleiches gilt auch unzweifelhaft von den andern grössern Nebenflüssen des Mississipi.

Auf diese Art war der untere Mississippi wie der St. Lorenzo-Strom ein klarer Fluss mit wenig Steigen und Fallen und so wenig bewegter erdiger Materie, dass er keine Barre an seiner Mündung bilden konnte. Der Uebergang aus diesem Zustand in den eines schmutzigen, delta-bildenden, zwischen Hoch- und Niederwasser wechselnden Flusses, welcher an seinem Grunde eine grosse Menge fester Substanzen fortwälzt, erfolgte unzweifelhaft allmählig; der Charakter der untern Strecke dieses Flusses wurde geändert und damit jener des Mississippi. Als endlich der Wasserspiegel der grossen See'n durch die retrograde Bewegung des Niagara-Falles tiefer gelegt wurde, musste der Mississippi noch in höherem Grade in der angegebenen Weise sich ändern, bis er zuletzt seinen jetzigen Charakter angenommen hat.

Note 4. Ueber Flussterrassen.[1])

Die Flussterrassen sind bekanntlich ein ebenso allgemeines als complicirtes Phänomen, das viel besprochen ist. Zu ihrer Beurtheilung sind vor allem genaueste Nivellirungen nöthig, da horizontale und unter sich parallele Terrassen etwas ganz anderes sind als geneigte mit verschiedenem Gefäll.

Parallele Terrassen sind nichts als Bänke festen oder lockern Gesteins, wovon die untern entblöst sind durch Wegnahme oberer in grösserm Umfang; bei gleichem Umfang hätte man nur verticale Schnitte. Sie können nicht anders erklärt werden als durch periodisch verschieden kräftige Denudation, die wieder, wenn sie horizontale Oberflächen hinterliess, nicht anders gedacht werden kann, denn als eine Folge von Hebungen. Die Höhendifferenzen der Terrassen geben dann Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Zahl und des Grades der Hebungen.

In der Regel sind Flussterrassen geneigt. Horizontal können sie nur da sein, wo die Materialien fein, das Wasser nicht stürmisch und unten durch einen Riegel mehr oder weniger abgesperrt ist.

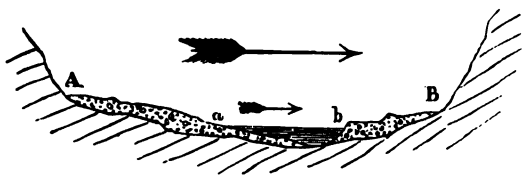
[1]) Zur Orientirung des Lesers in manchem Abschnitt der obigen Abhandlung bedurfte ich einer allgemeinen, theoretisch gehaltenen Darstellung des Régime's von Flüssen. Obschon ich diesem umfangreichen Gegenstand meine Aufmerksamkeit seit langer Zeit zugewendet habe, so hätte ich indess — den factischen Nachweisen sowohl als der wissenschaftlichen Durchführung solcher Probleme ferne stehend — nicht gewagt, diesen kleinen Aufsatz, zu dem mich namentlich die Anschauung der grossen Bewegungen in den Flusssohlen der Reuss, des Tessin und des Rheins vor und nach den Ereignissen des vergangenen 28. Septembers (1868), sowie die wiederholte Ansicht der in dieser Beziehung überaus lehrreichen Rheinthalstrecken über und unter Waldshut geführt hat, hier einzureihen, wenn nicht eine so gewichtige Autorität wie Herr Ober-Ingenieur Hartmann durch seine freundliche Zustimmung mich beruhigt hätte. Da dieser Abschnitt in den Text nicht wohl einzureihen war, so mag er hier nicht unpassend die ganze Betrachtung abschliessen.

Sie können von zwei Ursachen herrühren: von Bewegung der Unterlage, welche aber unter Umständen die verschiedenen Portionen des Flusslaufs in sehr verschiedenem Grade treffen und also die Relationen der Höhen verschiedener Stellen des Flusslaufs verändern wird.

Viel häufiger werden diese Relationen geändert werden durch die Arbeit des Flusses selbst, ohne dass Bewegungen der Unterlage dazu kommen, indem der Fluss in der Regel, vielleicht unter allen Fällen zwischen Fixpunkten von verschiedener Dauerhaftigkeit hängt. Unveränderlich ist jeweilen nur der Ausfluss ins Meer. Allein wir dürfen für eine gegebene Epoche auch die Mündung in ein Seebecken als Fixpunkt ansehen, anderseits den Ursprung am Berg. Zwischen beiden Stellen ist der Fluss als bewegliche Masse gewissermaassen aufgehängt wie ein Seil zwischen zwei Stützpunkten, und je nach dem Widerstand des Materials wird der Fluss diese bewegliche Strecke mit der Zeit in eine relativ-definitive Curve bringen, auf welche indess das jeweilige Volum von Wasser und von Schutt grossen Einfluss haben wird. Alte Flüsse auf zur Ruhe gekommener Unterlage werden diese Curven nur wenig verändern. Jüngere Flüsse oder Flüsse auf Unterlagen, welche Dislocationen ausgesetzt sind, werden in den Fall kommen, ihre Curve zwischen den beiden Endpunkten an vielen Punkten auf stabilere Stellen, harte Bänke etc. treffen zu sehen.

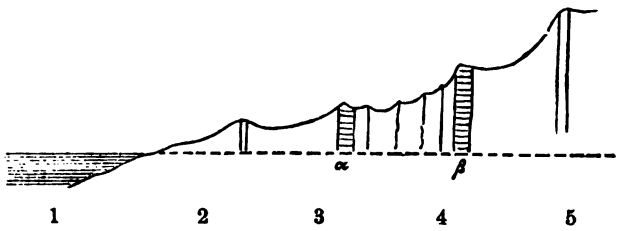
Obschon in letzter Instanz die Kraft des Wassers den Flusslauf immer vom Meer oder vom See aus rückwärts regelt, so theilt sich doch die Arbeit nun noch überdies in untergeordnete Régimes, die ausser der Beziehung zu dem ganzen Flusslauf noch speziellere, wenn auch periodisch sich ändernde und unter Umständen ganz vergängliche Beziehungen zu den zunächst hinter ihnen, in geringerem Grad auch zu den vorliegenden Portionen haben. Zwischen dem Bodensee und der Nordsee liegen im Rhein solche Stellen besonders augenfällig bei Schaffhausen, bei Laufenburg, bei Rheinfelden, bei Basel und in grösserm Maassstab bei Bingen. Diejenigen von Rheinfelden und Basel (obere Rheinfähre) sind dem Erlöschen nahe; die andern sind noch in voller Wirksamkeit.

Die Stellen zwischen diesen stabilern Ruhpunkten der Flusssohle (nicht der Wasserarbeit) sind die Orte, wo Terrassen zu Stande kommen. Allein ausserordentlich langsam; hauptsächlich dadurch, dass die nach Monaten und Tagen veränderliche Wassermenge, sowie die Ungleichheit des Volums der Rollsteine und die ungleiche Resistenz der Ufer das Fluss-Profil fortwährend verändern. Es wird mehr oder weniger immer nach einer oder der andern Seite hängen und in Folge davon muss der Fluss durch stärkere Ablagerung bei *a* jeweilen bei *b* weiter arbeiten. Er verlegt so, wenn die Verhältnisse, die er antrifft, es gestatten, sein Bett immer in der Richtung der Kraft des Wassers. So lange das Profil des Wassers von *a* nach *b* hängt, wird der Fluss sein Bett allmählig von *A* nach *B* verlegen, bis ihn das stärkere Ufer bei *B* wieder zu der Wanderung nach *A* zwingt; und unter vielfacher Mäanderbildung schwankt der Fluss unablässig von einer Thalwand zur andern.



Die Nivellirung der ganzen Thalfläche zwischen zwei Stromschwellen, z. B. zwischen Waldshut und Laufenburg, ist das Ergebniss dieser Arbeit, allein die Thalfläche besteht auf jeder dieser Strecken niemals aus Einer Ebene, sondern aus einer grossen Zahl von kleinern, indem auch

zwischen den zwei Hauptpunkten eine Menge Zwischenpunkte von verschiedener Stabilität untergeordneter Art inne liegen, und die verschiedenen Jahreszeiten und also Wassermenge, sowie die verschiedene Menge und Beweglichkeit der Materialien, die er von weiter oben empfängt, noch eine grosse Zahl von untergeordneten Arbeitsphasen schafft, so dass er auch zwischen α und β stets seine frühere Arbeit weiter verarbeitet, ältere Terrassen stückweise anfrisst und neue bildet.



Der Umstand, dass er auf verschiedenen Theilen des Verlaufes in verschiedenem Clima und Ufern von verschiedenem Gestein fliesst, schafft eine neue Rubrik von Modificationen. Grössere Ereignisse sind dann vor allem raschere Entwerthung der Stützen α β etc. durch rascheres Einsägen und verschiedene Resistenz in den einzelnen Schichten der Stützen.

Die Terrassen sind also ebenfalls unablässigen Wandelungen unterworfen, aber sie werden immer auch auf grössern Strecken gewisse Ruhepunkte längerer Wirkung, regelmässigeres Niveau und Stärke zeigen, welche Maassstäbe sind für die verschiedene Dauerhaftigkeit der Portionen von α und β. Die Stützen α und β etc. können abgetragen werden, allein so lange der Fluss ein Gebirge hinter sich hat, mit andern Worten, ein Gefäll hat oder also überhaupt Fluss bleibt, werden sie niemals ganz schwinden, sondern nur an Werth verlieren. In gleichem Maass als die Unterschiede zwischen tausend grössern und kleinern Abtheilungen verschiedener Arbeit sich mehr ausgleichen, werden die Terrassen gleichmässiger und andauernder werden. Die Arbeit hört aber nie auf, bis die Flusssohle Meeresgrund (in Binnenländern Seegrund) geworden ist, wo dann bekanntlich ein System neuer Einwirkungen, allein vielleicht säcularerer Art anhebt.

Die Stellen der Terrassenbildung sind jeweilen die Punkte, wo der Widerstand von Unterlage und Geschiebe die Stosskraft des Wassers überwiegt. Hier wird also das Bett höher gelegt; auch abgesehen von Hebungen und Senkungen des Bodens durch Erdwärme wird indess der ungleiche Erfolg an den verticalen Stützen α β etc. die älteren Erfolge in den dem Meere genäherten Portionen des Flusses niemals ruhen lassen. Auf diesen verschiedenen Stücken des Flusslaufs wird daher der Wechsel der Erscheinungen von 5 nach 1 abnehmen, doch niemals aufhören, bevor $5 = 1$ ist. Wärme und Schwere, beides Functionen der Sonne, deren Theil unsere Erde ist, werden demnach weder die Atmosphäre noch das fliessende oder ruhende Wasser, noch den sogenannten festen Theil der Erde jemals ruhen lassen, so lange diese einen getrennten Theil von jener bildet.

Bemerkungen zur Karte.

Der beigefügte „Entwurf" einer Karte zur Versinnlichung des Gedankenganges der Abhandlung hat von der Kürze der Frist, welche mir zu deren Abfassung zu Gebote stand, am meisten leiden müssen, trotz aller Anstrengung der berühmten Firma, in kürzester Zeit aus einer flüchtigen Skizze eine gewissermaassen neue Art von Karten herzustellen.

An eine irgendwie eingehende Schraffirung durfte bei dem rein theoretischen Zweck der Karte nicht gedacht werden, da ja nicht das heutige, — sondern das Relief darzustellen war, wie wir es uns etwa seit dem Rückzug des Kreidemeeres zu denken haben mögen.

Aus dem gleichen Grund konnte eine Eintragung nur der grössten und nur der relativ jüngern, in ihren Folgen auf das Relief noch einigermaassen absehbaren geologischen Formationen — mit absichtlicher Vermeidung jeglichen Détails — ausreichen und durfte selbst die sonst so bizzare Vereinigung von Trias und Jura, sowie von Kreide und Eocen erlaubt erscheinen, da es sich wesentlich nur um den Einfluss grosser geologischer Epochen auf das Relief des Landes handelte. Für die gewählten Formationen wurden daher auch mit Absicht Farben der im Text so oft und dankbar gerühmten hypsometrischen Karte der Schweiz gewählt; ich wünschte damit auf die sicher bestehende Parallele zwischen geologischem Alter und topographischer Wirkung einer Gebirgsformation hinzudeuten.

Am meisten anfechtbar sind ohne allen Zweifel die in die Karte eingetragenen Dislocationslinien, wovon zwei Rubriken, eine jüngere mit schwarzen — eine ältere mit rothen Linien dargestellt wurden. Die erstern sind, wie man sieht, zum Theil den geologischen Karten entnommen, zum Theil von mir vermuthungsweise eingetragen. Die letztern mussten selbstverständlich durchweg fast nur Ahnungen folgen, da ihre Aufsuchung erst Aufgabe einer weiter, als es bis jetzt der Fall ist, durchgeführten Stratigraphie der Alpen wird sein können. Es handelte sich also durchaus nur darum, überhaupt an die Existenz älterer Dislocationslinien und an die Nothwendigkeit ihrer Wirkung auf die jeweiligen Wasserläufe zu erinnern.

Die übrigen Absichten — nicht Leistungen — der Karte werden durch die ihr beigegebene Legende, sowie durch den Text wohl deutlich genug. Nur sei bemerkt, dass ich „erloschene See'n" nur bei Sitten und bei Chur anzudeuten wagte, und auch vorzog, durch Pfeile einige erloschene Flussläufe anzudeuten, für welche einstweilen nur noch geologische Motive vorliegen.

L. R.

ENTWURF E

Granit, Gneis etc. und erupt.
Gesteine des Hohgau
Trias und Jura
Kreide u. Eocen
Untere Süßwasser-Molasse
Nagelfluh
Marine Molasse
Obere Süßwasser-Molasse